

Abschlussbericht

Einfluss acker- und pflanzenbaulicher Maßnahmen auf sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe bei Heil-, Duft- und Gewürzpflanzen

Projekt-Nr. 94.10

Langtitel: Einfluss acker- und pflanzenbaulicher Maßnahmen auf sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe bei Heil-, Duft- und Gewürzpflanzen

Kurztitel: Anbautechnik Heil-, Duft- und Gewürzpflanzen

Projekt: 94.10

Projektleiter: Dipl.-Ing. agr. Torsten Graf

Abteilung: Pflanzenproduktion und Agrarökologie

Abteilungsleiter: stellv. Dr. Martin Farack

Laufzeit: 01.01.2010 bis 31.12.2012

Auftraggeber: Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Forsten, Umwelt und Naturschutz

Bearbeiter: Andrea Biertümpfel
Christina Warsitzka

März 2013



Dr. Armin Vetter
(Stellv. Präsident)



Torsten Graf
(Projektleiter)

Copyright:

Diese Veröffentlichung ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, auch die des Nachdrucks von Auszügen und der foto-mechanischen Wiedergabe sind dem Herausgeber vorbehalten.

Inhalt

	Seite
1 Einleitung	3
2 Material und Methoden	3
2.1 Charakterisierung des Versuchsstandortes	3
2.2 Witterungsbedingungen im Versuchszeitraum	4
2.3 Versuchsanlage	5
2.3.1 Pfefferminze	5
2.3.2 Melisse	7
2.4 Bestimmung des ätherischen Ölgehalts und des Rosmarinsäuregehaltes	7
3 Ergebnisse	9
3.1 Pfefferminze	9
3.1.1 Wuchshöhe und Ertrag	9
3.1.2 Ätherisches Öl	12
3.1.3 Rosmarinsäure	17
3.1.4 N-Gehalt und N-Entzug	20
3.2 Melisse	21
3.2.1 Wuchshöhe und Ertrag	21
3.2.2 Ätherisches Öl	23
3.2.3 Rosmarinsäure	28
3.2.4 N-Gehalt und N-Entzug	31
4 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen	32

1 Einleitung

Der Anbau von Heil-, Duft- und Gewürzpflanzen hat in Thüringen eine lange Tradition, wie die Begriffe „Thüringer Kräutergarten“, „Buckelapotheker“ und „Drogenkammer Deutschlands“ belegen. Diese Tradition konnte aufgrund des Know-hows der Thüringer Betriebe im professionellen Anbau unter Ausnutzung der standörtlichen Bedingungen bis in die neueste Zeit weitergeführt werden. Thüringer Arzneipflanzen und Gewürze sind zu einem Qualitätsbegriff geworden.

Mit einer Anbaufläche von jährlich zwischen 1 400 bis 1 600 ha gehört Thüringen bundesweit zu den Hauptanbauländern und bestreitet ca. 20 % der ca. 6.500 ha umfassenden Gesamtfläche an Heil- Duft- und Gewürzpflanzen (ohne Speiselein und Körnersenf). Ein Sortiment von ca. 30 Kulturen wird nachfrageorientiert in einigen spezialisierten Thüringer Betrieben angebaut. Neben der Hauptkultur Kamille, deren Anbauumfang ca. 1 000 ha ausmacht, ist die Pfefferminze mit über 200 ha die zweitwichtigste Kultur. Zitronenmelisse rangiert mit Anbauflächen um die 30 ha an dritter bis fünfter Stelle.

Kaum ein anderer landwirtschaftlicher Produktionszweig erreicht die Wertschöpfung der Arzneipflanzen, aber auch kein anderer unterliegt solch extremen Nachfrageschwankungen wie der Arznei- und Gewürzpflanzenanbau und stellt so hohe Anforderungen an das Produktionsregime sowie die technische Ausrüstung der landwirtschaftlichen Unternehmen. Um den Thüringer Anbau von Heil-, Duft- und Gewürzpflanzen zu sichern und nach Möglichkeit zu erweitern, spielen die Stabilisierung der Erträge und die Sicherung hoher Qualitäten eine entscheidende Rolle. Gleichzeitig gilt es, wichtige Produktionsfaktoren zu optimieren, um die Wirtschaftlichkeit und Wettbewerbsfähigkeit des Anbaus von Sonderkulturen auch in Zeiten hoher Getreidepreise gewährleisten zu können.

Ziel des Projektes war es, den Einfluss der Stickstoffdüngung auf den Ertrag und den Gehalt an sekundären Pflanzeninhaltsstoffen am Beispiel von Pfefferminze und Melisse zu untersuchen.

2 Material und Methoden

2.1 Charakterisierung des Versuchsstandortes

Die Exaktversuche kamen in der Versuchsstation Dornburg der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft im Juni 2010 zur Anlage. Die Versuchsstation Dornburg liegt am Südostrand des Thüringer Beckens, unmittelbar vor dem Steilabfall der Hochfläche zwischen Ilm und Saale. Entsprechend der Einteilung Thüringens in acht Agrargebiete sind die Versuchsflächen boden- und klimamäßig dem Agrargebiet 1 – Thüringer Becken – zuzuordnen. Eine Charakterisierung der boden- und klimatischen Verhältnisse der Versuchsstation Dornburg beinhaltet Tabelle 1, wobei sich die Bodenwert- und Ackerzahl sowie die Höhenlage direkt auf die angelegten Versuche beziehen.

Tabelle 1: Charakterisierung der VS Dornburg

Geografische Koordinaten	51° N, 11° 40' O
Höhenlage	270 m ü. NN
Geologischer Untergrund	Mittlerer Muschelkalk mit Löß-Auflage
Bodentyp	Humus-Parabraunerde aus Löß
Bodenart	Ut 4
Bodenwertzahl	67
Ackerzahl	63
Jahresdurchschnittstemperatur	8,3 °C
Jahresniederschläge	584 mm

2.2 Witterungsbedingungen im Versuchszeitraum

Der Versuchszeitraum 2010 bis 2012 war durch teilweise extreme Abweichungen der Witterung vom langjährigen Mittel der Station gekennzeichnet (Tab. 2).

Tabelle 2: Witterungsdaten Dornburg 03/2010 bis 09/2012 im Vergleich zum langjährigen Mittel

Monat	Temperatur-Mittel (°C)				Niederschläge (mm)			
	1961 – 1990	2010	2011	2012	1961 – 1990	2010	2011	2012
Januar	-0,8	-	1,1	1,6	32,4	-	35,9	72,6
Februar	0,0	-	1,2	-3,9	32,7	-	11,7	12,3
März	3,4	4,7	4,6	7,0	39,2	38,2	16,1	7,7
April	7,2	8,6	11,6	8,6	55,5	24,3	20,2	17,4
Mai	12,2	10,4	14,3	14,8	60,0	114,0	37,1	45,3
Juni	15,4	16,8	17,0	15,7	77,5	12,6	107,7	108,6
Juli	17,2	20,8	16,6	18,0	56,8	107,8	139,9	82,5
August	17,0	16,7	18,2	19,0	68,2	156,2	61,1	54,9
September	13,8	12,4	15,4	13,9	42,3	69,7	64,8	36,8
Oktober	9,2	7,9	9,2	-	38,5	15,7	35,7	-
November	4,1	4,4	3,4	-	41,9	100,6	2,0	-
Dezember	0,7	-4,9	3,8	-	39,5	83,9	49,6	-
Jahr gesamt	8,3	7,8	9,7		584,5	784,3	581,7	

Das Frühjahr 2010 begann relativ trocken mit leicht überdurchschnittlichen Temperaturen. Im Mai schlug das Wetter dann um, es begann ergiebig zu regnen und die Temperaturen sanken unter die üblichen Werte. Auf den sehr nassen Mai folgte bis zur 3. Julidekade eine trocken-heiße Wetterperiode, in der die Pflanzung von Melisse und Pfefferminze erfolgte. Um ein Anwachsen der Kulturen zu gewährleisten, war ein mehrmaliges, ergiebiges Angießen erforderlich. Dann schloss sich wiederum eine extrem nasse Witterungsphase mit jeweils mehr als 100 mm Niederschlag in der letzten Julidekade und im August, verbunden mit unterdurchschnittlichen Temperaturen, an. Auch der September und der Oktober blieben zu kühl. Insgesamt führten die beschriebenen Verhältnisse dazu, dass sich die vergleichsweise anspruchsvollen Kulturen nur zögerlich entwickelten und die Pfefferminze nur einmal beerntet werden konnte. Die Zitronenmelisse erreichte die Schnittreife in 2010 nicht. Der Winter 2010/2011 setzte mit heftigen Schneefällen in der letzten Novemberwoche, gefolgt von starken Frösten bis -15 °C, ein. Die geschlossene Schneedecke hielt sich bis in den Januar hinein, so dass die Kulturen gut geschützt waren und keine Auswinterungsschäden auftraten.

Das Jahr 2011 begann extrem trocken. So fielen von Februar bis April nicht einmal 50 mm Niederschlag. Durch Wechselfröste ohne Schnee bei hoher Globalstrahlung trocknete im Februar die obere Bodenschicht extrem aus, die Pflanzen konnten aus dem bis in tiefere Schichten gefrorenen Boden kein Wasser aufnehmen, so dass erste Trockenstresssymptome sichtbar wurden. Steigende Temperaturen ab der zweiten Märzdekade führten dann wieder zu einer besseren Wasserverfügbarkeit, was Trockenschäden verhinderte. Durch die anhaltend geringen Niederschläge auch im April und Mai, verbunden mit überdurchschnittlichen Temperaturen, wurde das Wasserdefizit immer größer und der im Frühjahr ausgebrachte Dünger war nur eingeschränkt pflanzenverfügbar. Einzelne stärkere Niederschläge verhinderten größere Trockenschäden, trotzdem wuchsen die Kulturen eher zögerlich auf. Im Juni setzten dann erhebliche Niederschläge ein, die, verbunden mit den hohen Temperaturen, für ein üppigeres Wachstum und einen raschen Aufwuchs nach dem ersten Schnitt sorgten. Dadurch konnte ein ertragreicher zweiter Schnitt realisiert werden. Allerdings setzte dann ab August wieder eine trockene Witterungsperiode ein, die bis in den Dezember hinein anhielt. Insbesondere die flachwurzelnende Pfefferminze wurde durch die Trockenheit negativ beeinflusst und erreichte keinen erntewürdigen Aufwuchs für einen dritten Schnitt. Das Jahr

2011 endete mit überdurchschnittlichen Temperaturen und durchschnittlichen Niederschlägen im Dezember.

Im Januar 2012 setzte sich die warme Witterung fort. Es fielen überdurchschnittliche Niederschläge, überwiegend als Regen. Lediglich in der letzten Januarwoche fiel etwas Schnee. In diesem Zeitraum sanken die Temperaturen rapide, in der ersten Februardekade gingen sie in der Nacht teilweise bis -25 °C hinab. Ein Temperaturanstieg setzte dann in der zweiten Februarhälfte ein. Es blieb aber, wie bereits im Vorjahr, extrem trocken. Allerdings hatte die geringe Schneebedeckung die Kulturen vor Auswinterungsschäden bewahrt. Auch der März und der April waren durch extrem geringe Niederschläge gekennzeichnet, was wiederum zu einer schlechten Verfügbarkeit der ausgebrachten ersten N-Düngergabe führte. Insbesondere die Pfefferminze litt unter den trockenen Bedingungen. Etwas höhere, wenngleich ungleichmäßig verteilte Niederschläge im Mai führten zu einer gewissen Entspannung und durch die im Juni einsetzenden Niederschläge bei moderaten Temperaturen setzte ein etwas zügigeres Wachstum ein. Auch im Juli fielen noch überdurchschnittliche Niederschläge, die jedoch nur bis in die zweite Dekade anhielten. Danach setzte trockenes und warmes Wetter ein. Auch der September blieb trocken bei normalen Temperaturen. Trotz ähnlich trockener Bedingungen waren in 2012 bei beiden Arten drei Schnitte möglich, obwohl die Erträge von Schnitt zu Schnitt abfielen.

2.3 Versuchsanlage

Sowohl Pfefferminze als auch Melisse gelten als nährstoffbedürftige Pflanzen, deren N-Bedarf mit ca. 200 kg/ha und Jahr angegeben wird. Aufgrund des gleichen N-Bedarfs ist für beide Kulturen im Versuch das gleiche N-Düngungsregime gewählt worden. Dabei erfolgte nach der Pflanzung eine Startgabe einheitlich über alle Prüfglieder auf einen N-Sollwert von 70 kg/ha, um eine optimale Bestandesetablierung im gesamten Versuch zu gewährleisten. Ab dem ersten Schnitt waren dann gestaffelte N-Gaben vorgesehen, die sich in den folgenden Nutzungsjahren entsprechend fortsetzen sollten (Tab. 3). Prüfglied 3 entspricht einer Düngung auf 100 % des Bedarfs, Prüfglied 2 einer um 30 % verminderten und Variante 4 einer um 30 % erhöhten Düngermenge.

Tabelle 3: Düngungsregime in den N-Düngungsversuchen zu Pfefferminze und Melisse im Anpflanz- sowie den Folgejahren, VS Dornburg 2010 bis 2012

Anpflanzjahr				
	PG 1	PG 2	PG 3	PG 4
1. Gabe (Startgabe ca. 2 bis 3 Wochen nach Pflanzung)	auf N-Sollwert von 70 kg N/ha			
2. Gabe (nach dem ersten Schnitt)	0 kg N/ha	35 kg N/ha	50 kg N/ha	65 kg N/ha
3. Gabe nach Bedarf				
Ab 2. Standjahr				
1. Gabe zum Austrieb (März/April) auf N-Sollwert	0 kg N/ha	70 kg N/ha	100 kg N/ha	130 kg N/ha
2. Gabe (nach dem ersten Schnitt)	0 kg N/ha	35 kg N/ha	50 kg N/ha	65 kg N/ha
3. Gabe (nach dem zweiten Schnitt) bei Bedarf	0 kg N/ha	35 kg N/ha	50 kg N/ha	65 kg N/ha

Die Versuchsanlage war eine vollständig randomisierte Blockanlage in vierfacher Wiederholung in ortsüblicher Parzellengröße von 13,5 m² zur Ernte (Anlageparzelle 27 m²).

2.3.1 Pfefferminze

Die Pflanzung der Kopfstecklinge der Sorte ‚Multimentha‘ erfolgte am 15.06.2010 per Hand in einem Reihenabstand von 50 cm und einem Abstand in der Reihe von 35 cm, was einer Bestandesdichte von etwa 57 150 Pflanzen/ha entspricht. Da zur Pflanzung mit 58 kg/ha (0

bis 60 cm Bodentiefe) ein relativ hoher Gehalt an pflanzenverfügbarem Stickstoff vorlag, wurde auf die Startgabe verzichtet. Obwohl der Boden wegen der reichlichen Niederschläge im Mai zur Pflanzung noch relativ feucht war, erfolgte eine Bewässerung zur Pflanzung. Aufgrund der bereits vorab beschriebenen nach der Pflanzung einsetzenden trocken-heißen Witterungsperiode wurden vom 24.06. bis 30.06.2010 insgesamt 35 mm Zusatzwasser ausgebracht. Durch diese Maßnahme betrug die Anwuchsrate nahezu 100 %. Die Unkrautbekämpfung erfolgte im Anpflanzjahr und auch in den Folgejahren ausschließlich mechanisch mit maschineller bzw. Handhacke.

Zur Ernte kam generell der Grünfütterernte Hege 212 zum Einsatz. Dabei waren 2010 ein, 2011 zwei und 2012 drei Schnitte jeweils im Entwicklungsstadium der Knospenbildung möglich. Die genauen Erntetermine der einzelnen Jahre sind im Ergebnisteil enthalten. An die Ertrags- und Trockensubstanzbestimmung schloss sich die Gewinnung des ätherischen Öls im frischen und getrockneten Erntegut in der Wasserdampfextraktionsanlage TWE-125-2500 im Technikum Dornburg mit einer Extraktionszeit von 30 min an. Das gewonnene ätherische Öl diente anschließend der Untersuchung der Zusammensetzung. Weiterhin wurde der Rosmarinsäuregehalt im Labor der TLL im getrockneten Blatt sowie in den Rückständen nach Extraktion des frischen und getrockneten Erntegutes analysiert. Ebenso erfolgte eine Bestimmung der Nährstoffgehalte im Erntegut, um die Entzüge in Abhängigkeit von der Düngungsstufe bestimmen zu können (s. Pkt. 2.4). In Abbildung 1 sind die Verfahrensschritte schematisch dargestellt.

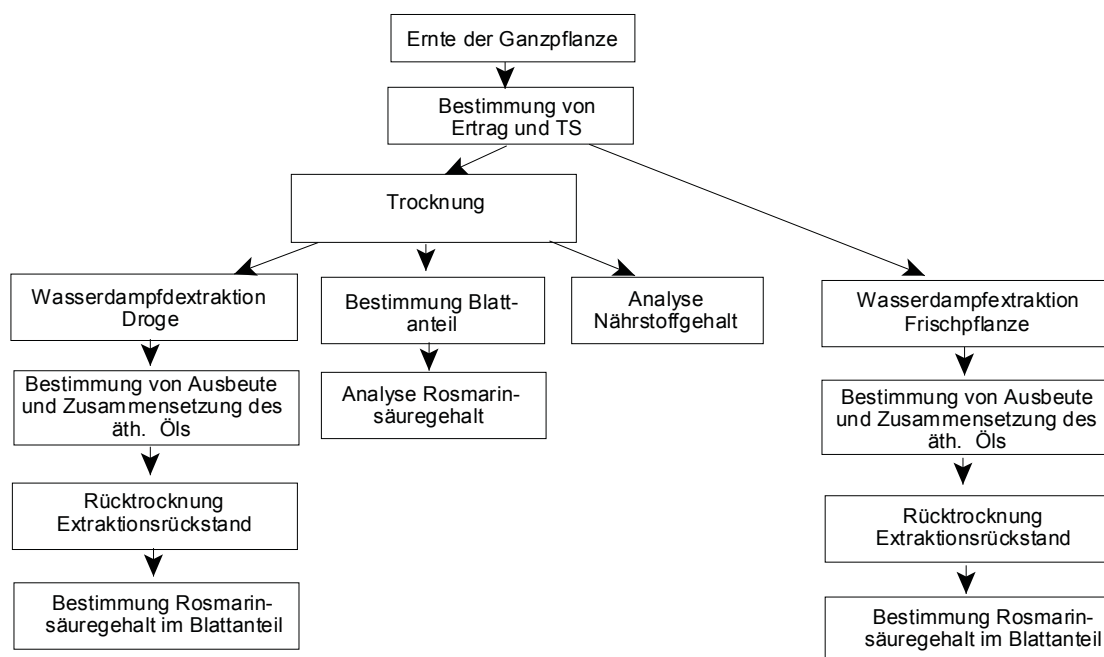


Abbildung 1: Schematische Darstellung der Verfahrensabläufe nach der Ernte bei Pfefferminze und Melisse

Zur statistischen Verrechnung der Ergebnisse kam das Statistik-Programm SPSS zur Anwendung.

2.3.2 Melisse

Gepflanzt wurde die Melisse, Sorte ‚Citronella‘, am 16.06.2010 in einer Bestandesdichte von 66 670 Pflanzen/ha mit einem Reihenabstand von 50 cm und 30 cm Abstand in der Reihe. Aufgrund der hohen N_{\min} -Gehalte zur Pflanzung (54 kg N/ha, 0 bis 60 cm Bodentiefe) war eine Startgabe nicht erforderlich. Um eine ausreichende Anwuchsrate zu erzielen, erfolgte in der Trockenperiode nach der Pflanzung vom 24.06. bis 30.06.2010 eine Bewässerung von insgesamt 40 mm. Gepflegt wurde sowohl im Anpflanzjahr als auch in den Folgejahren ausschließlich mechanisch mit Maschinen- und Handhacke. Die Melisse erreichte im Anpflanzjahr Ende August den Bestandesschluss, jedoch nicht mehr die Schossphase, so dass 2010 keine Ernte möglich war. In den Folgejahren 2011 und 2012 kam der Bestand je dreimal Ernte. Diese erfolgte jeweils zur Knospenbildung mit dem Grünfütterer Hege 212. Die weitere Verarbeitung bzw. Untersuchung des Erntegutes entsprach der Vorgehensweise bei der Pfefferminze. Allerdings war im Gegensatz zur Pfefferminze keine parzellenweise Gewinnung des ätherischen Öls möglich. Aufgrund der genetisch bedingten geringen Gehalte in der Melisse erfolgte hier je eine Bestimmung je Prüfglied, bei der die Ölmengen der einzelnen Wiederholungen summiert wurden, um eine erfassbare Menge ätherischen Öls zu erhalten.

2.4 Bestimmung des ätherischen Ölgehalts und des Rosmarinsäuregehaltes

Das ätherische Öl bzw. der Gehalt an Rosmarinsäure bestimmen wesentlich die Gebrauchseigenschaften der Arznei- und Teepflanzen Pfefferminze und Zitronenmelisse.

Als wirksamkeitsbestimmende Inhaltsstoffe der Melissenblätter (*Melissae Folium*) für eine pharmazeutische Anwendung werden insbesondere das ätherische Öl (mind. 0,05 %) mit seinen Hauptkomponenten Citral (im Mittel 51 %) und Citronellal (im Mittel 8%) und der Gehalt an Polyphenolen angegeben. Zu den Polyphenolen zählen Hydroxyzimtsäurederivate, wie Kaffeesäure oder Rosmarinsäure sowie deren Methylester.

Als wirksamkeitsbestimmende Inhaltsstoffe für die Pfefferminzblätter (*Mentha piperita folium*) für eine pharmazeutische Anwendung werden ebenfalls das ätherische Öl 0,5 bis 4 % (mind. 1,2 %) mit Menthol, Menthon, Menthofuran und anderen Monoterpenen, Flavonoide und bis 4,5 % Lamiaceen-Gerbstoffe (darunter Rosmarinsäure) angegeben (Quelle: H. Schilcher, S. Kammerer „Leitfaden Phytotherapie“).

Die zur Prüfung gekommene Pfefferminzsorte ‚Multimentha‘ mit ihrem hohen Gehalt an Menthon findet als Teedroge Verwendung.

Im 4. Nachtrag zur 6. Ausgabe des Europäischen Arzneibuches (Ph. Eur. 6. Ausgabe, 4. Nachtrag, S. 6260 ff) ist in der Monografie für Melissenblätter ein Gehalt von mindestens 1,0 % Rosmarinsäure ($C_{18}H_{16}O_8$; Mr 360,3), bezogen auf die getrocknete Droge, vorgeschrieben. Für Pfefferminzblätter ist eine entsprechende Gehaltsangabe nicht in der Monografie des Ph.Eur. enthalten.

Es war abzuklären, ob die unterschiedlichen Düngungsvarianten Einfluss auf den Gehalt an Rosmarinsäure und auf den Gehalt und die Zusammensetzung der ätherischen Öle haben.

Die Beprobung zur Bestimmung der Rosmarinsäure erfolgte an den nach schonender Trocknung mittels Luftentfeuchtung ohne Wärmezufuhr getrockneten Proben der einzelnen Probeernten. Nach der Trocknung wurde eine möglichst vollständige Entfernung der Stängel vorgenommen. Eine Prüfung auf Reinheit entsprechend den Vorgaben des Ph. Eur. (Bestimmung fremder Bestandteile, Trocknungsverlust und Aschegehalt) erfolgte nicht.

Zur Ermittlung einer eventuellen Doppelnutzung der Melissen- und Pfefferminzblätter wurden auch die Destillationsrückstände der Wasserdampfextraktion nach der Extraktion des frischen Krautes und des getrockneten Erntegutes bei 35 °C im Trockenschrank schonend getrocknet, beprobt und nach manueller Entfernung der Stängel der Rosmarinsäuregehalt bestimmt. Diese Bestimmung erfolgte im Referat 240 Organische Analytik der TLL nach der im Folgenden beschriebenen Methodik.

Allgemeines

Die Bestimmung des Rosmarinsäuregehaltes in den Pfefferminz- und Zitronenmelisseproben sowie in den Destillationsrückständen erfolgte in Anlehnung an die Methodik des Europäischen Arzneibuches, 6. Ausgabe, 4. Nachtrag. Zur Erreichung eines hohen Probendurchsatzes im Labor wurde der Extraktionsschritt abgewandelt und die genannten chromatographischen Bedingungen an die zur Verfügung stehende Analystechnik angepasst. In Vorversuchen mit nach dem Zufallsprinzip ausgewählten Proben ist die Äquivalenz der variierten Methode zur Methode des Arzneimittelbuches nachgewiesen worden. Für den relevanten Rosmarinsäuregehalt wurde die Analysemethode validiert, eine Standardarbeitsanweisung ist erstellt.

Extraktion/Probenvorbereitung

Rosmarinsäure wurde ultraschallunterstützt in der Hitze (Temperatur 70 °C) mit einem Lösungsmittelgemisch bestehend aus Ethanol und Wasser aus den Proben (Einwaage 100 mg) extrahiert. Zur Optimierung der Peakform in der sich anschließenden chromatographischen Analyse wurde ein Aliquot des Extraktes mit 0.1 molarer Phosphorsäure versetzt und die entstandene Lösung membranfiltriert.

Analytik

Die chemische Untersuchung der entstandenen Extrakte erfolgte mit Hilfe der HPLC. Rosmarinsäure wurde an einer RP18-Phase chromatographisch von den anderen Extraktbestandteilen getrennt und UV-spektroskopisch detektiert. Die Quantifizierung des Rosmarinsäuregehaltes erfolgte nach dem Prinzip der externen Kalibrierung unter Nutzung des Absorptionsmaximums bei einer Wellenlänge von 329 nm. Die Peakzuordnung im Chromatogramm erfolgte über die Retentionszeit sowie über einen Vergleich des erhaltenen UV-Spektrums mit dem einer Referenzsubstanz. Beispielchromatogramme sind in Abbildung 2 dargestellt.

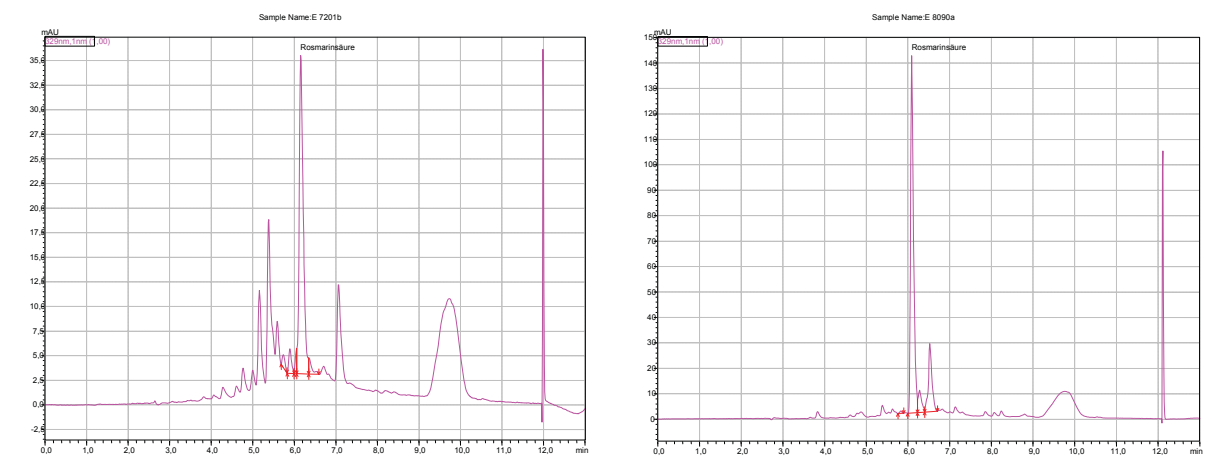


Abbildung 2: Chromatogramm einer Pfefferminzprobe (links, Gehalt Rosmarinsäure 20.3 g/kg) und einer Melisseprobe (rechts, Gehalt Rosmarinsäure 61.4 g/kg)

Qualitätssicherung

Die Bestimmung des Rosmarinsäuregehaltes erfolgte jeweils als unabhängige Parallelbestimmung. Regelmäßig (nach jeder 10. Probe) wurden Wiederfindungsversuche für Gehalte von 10 und 100 g/kg TM durch Dotieren rosmarinsäurearmer Proben mit Referenzsubstanz durchgeführt. Im Rahmen der Methodenvvalidierung betrugen die mittleren Wiederfindungsraten 90 bis 100 %.

Die Extraktion der ätherischen Öle sowohl aus dem frischen als auch aus dem getrockneten Erntegut erfolgte prüfgliedweise mit der Wasserdampfextraktionsanlage TWE 125-2500 der Fa. HerbaTec im Extraktionstechnikum der TLL in Dornburg. Die Zusammensetzung des ätherischen Öls bestimmte das Referat 240 Organische Analytik der TLL in Jena mittels Gaschromatographie unter Verwendung entsprechender Standards.

Im Gegensatz zu früheren Bestimmungen gab das Referat 240 vorliegend die auch tatsächlich quantitativ ermittelten Komponenten als prozentuale Anteile dieser Gesamtmenge an. Unbekannte Peaks sind in dieser Menge nicht enthalten.

3 Ergebnisse

3.1 Pfefferminze

3.1.1 Wuchshöhe und Ertrag

Im Anpflanzjahr erreichte der Bestand Anfang September das Knospenstadium und damit die Schnittreife. Am 07.09.2010 wurde mit dem Grünfütterernte geerntet und anschließend entsprechend dem Versuchsplan gedüngt. Da alle Varianten bis zum ersten Schnitt einheitlich behandelt worden waren, unterschieden sich die Kraut- und Blatterträge erwartungsgemäß nicht (Abb. 3).

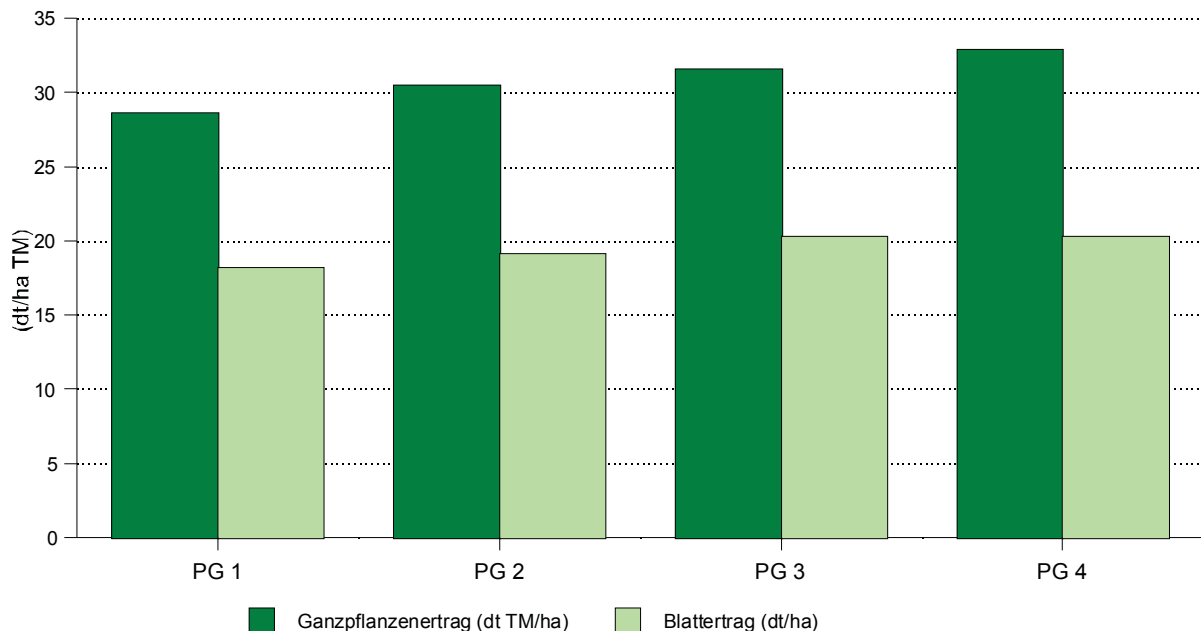


Abbildung 3: Kraut- und Blattertrag von Pfefferminze, Sorte ‚Multimentha‘, Dornburg 2010

Ab 2011 kamen dann die im Versuchsplan festgelegten gestaffelten N-Gaben im Vergleich zu einer ungedüngten Kontrolle zur Anwendung. Die N_{\min} -Gehalte beliefen sich auf 40 kg/ha in 2011 und 16 kg/ha in 2012.

Bekanntermaßen benötigt die Pfefferminze mit ihren flachliegenden Stolonen für eine optimale Entwicklung eine gleichmäßige und ausreichende Wasserversorgung. Wie bereits eingangs beschrieben, war das Frühjahr 2011 sehr trocken, so dass sich die Pfefferminze nur zögerlich entwickelte. Mit dem Einsetzen ergiebigerer Niederschläge Ende Mai begann sich der Bestand zu erholen und konnte am 27.06.2011 zum ersten Mal beerntet werden. Der zweite Schnitt folgte ca. sieben Wochen später am 18.08.2011. Aufgrund der danach einsetzenden trockenen Witterungsperiode und der kühleren Temperaturen blieb ein lohnenswerter dritter Aufwuchs 2011 aus. Im zweiten Nutzungsjahr erfolgten drei Ernten am 11.06., am 01.08. und am 26.09.2012.

Aus Tabelle 4 geht hervor, dass die N-Düngungsvarianten zur Ernte Unterschiede in der Wuchshöhe aufwiesen. Während 2011 eher eine tendenzielle Zunahme der Wuchshöhe mit steigender N-Düngung zu verzeichnen war, waren 2012 alle gedüngten Varianten bereits zum ersten Schnitt signifikant höher als die ungedüngte Kontrolle. Bei den Folgeschnitten zeigte sich dann bei Prüfglied 1 ein gravierender Nährstoffmangel, der sich in extrem niedrigen Bestandeshöhen widerspiegelte. Insgesamt stieg die Wuchshöhe der gedüngten Prüfglieder nahezu parallel mit der N-Düngestufe an.

Tabelle 4: Einfluss der N-Düngung auf die Wuchshöhe (cm) von Pfefferminze im 1. und 2. Erntejahr, Sorte „Multimentha“, VS Dornburg 2011 und 2012

PG	2011		2012		
	1. Schnitt	2. Schnitt	1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt
1	55	45	45	25	11
2	65	53	56	45	28
3	61	46	56	50	32
4	66	58	62	52	32
GD t, 5 %	7,3	6,4	8,1	11,5	9,9

Wie sich bereits durch die unterschiedliche Wuchshöhe, die durchaus als Anhaltspunkt für die Massebildung einer Pflanze dienen kann, andeutete, wirkte sich die Höhe der N-Düngung auch auf den Krautertrag der Pfefferminze aus. Dabei stieg der Ertrag parallel zur verabreichten N-Menge an. Während die ungedüngte Kontrolle nahezu durchgehend signifikante Mindererträge aufwies, waren die Unterschiede zwischen den Düngungsvarianten nicht immer statistisch abzusichern (Tab. 5).

Tabelle 5: Einfluss der N-Düngung auf den Ertrag (dt TM/ha) von Pfefferminze im 1. und 2. Erntejahr, Sorte „Multimentha“, VS Dornburg 2011 und 2012

PG	2011			2012			
	1. Schnitt	2. Schnitt	Gesamt	1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt	Gesamt
1	32,7	32,9	65,6	33,4	17,2	6,4	57,1
2	46,7	34,2	80,9	50,1	39,2	19,4	108,6
3	53,7	36,1	89,8	57,9	44,4	19,6	121,8
4	58,5	38,1	96,7	56,6	47,7	22,7	127,0
GD t, 5 %	10,6	3,5	13,0	11,8	12,6	7,2	30,0

In Abbildung 4 sind die Krauterträge der Düngungsvarianten beider Jahre, aufgeschlüsselt nach den einzelnen Schnitten, grafisch dargestellt.

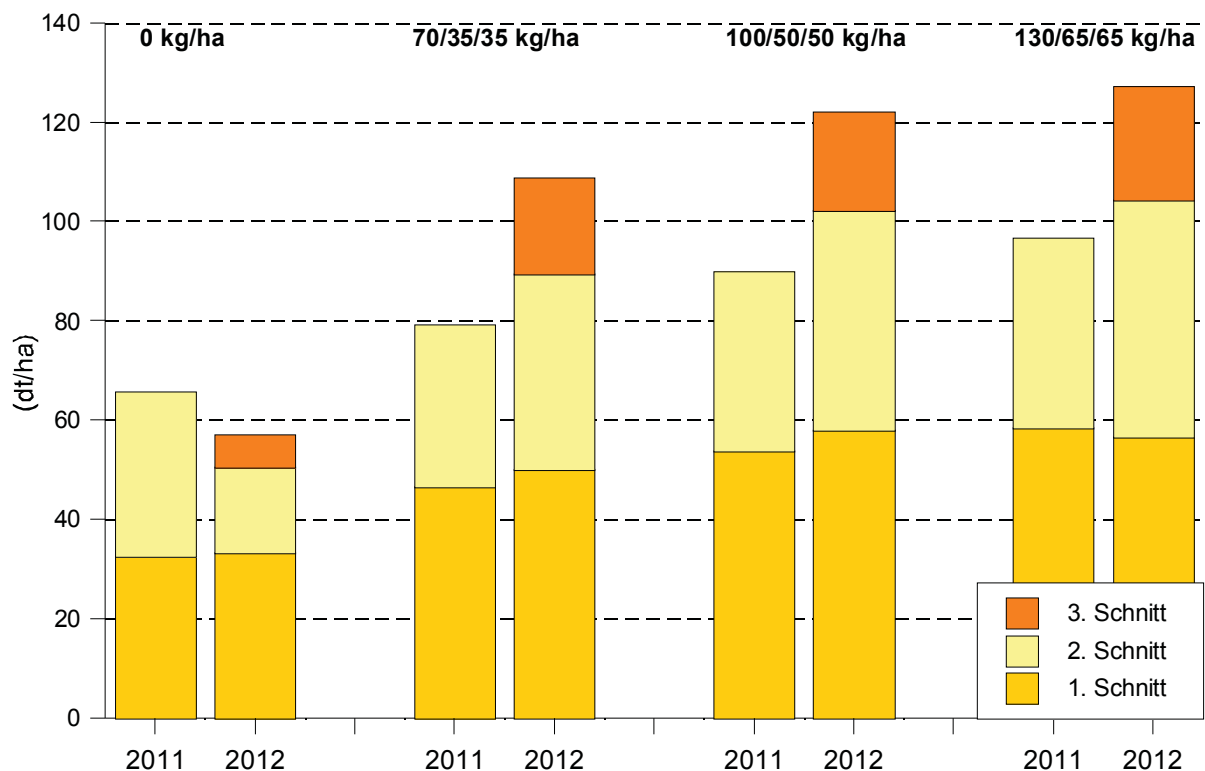


Abbildung 4: Einfluss der N-Düngung auf den Krautertrag (dt TM/ha) von Pfefferminze, Sorte ‚Multimentha‘, VS Dornburg 2011 und 2012

Für hohe Inhaltsstoffgehalte und eine qualitätsgerechte Ware spielt der Blattanteil des Erntegutes eine entscheidende Rolle. Dieser wurde bei den einzelnen Schnitten durch die Bestimmung des Blatt-Stängel-Verhältnisses ermittelt. Es zeigte sich, dass die Erhöhung der N-Düngung das Blatt-Stängel-Verhältnis kaum beeinflusste. Der Blattanteil im Erntegut bewegte sich in der Summe der Schnitte im Jahr 2011 zwischen 53 % (PG 3) und 58 % (PG 1) bzw. 58 % (PG 2, 3, 4) und 64 % (PG 1) in 2012. Tendenziell wies also die ungedüngte Variante in beiden Jahren ein etwas günstigeres Verhältnis auf. Trotzdem erhöhte sich der Blattertrag nahezu analog zum Krautertrag mit steigender N-Düngung (Tab. 6, Abb. 5).

Tabelle 6: Einfluss der N-Düngung auf den Blattertrag (dt TM/ha) von Pfefferminze im 1. und 2. Erntejahr, Sorte ‚Multimentha‘, VS Dornburg 2011 und 2012

PG	2011			2012			
	1. Schnitt	2. Schnitt	Gesamt	1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt	Gesamt
1	18,3	19,9	38,2	18,9	12,8	5,1	36,8
2	26,1	19,3	45,4	27,7	22,5	13,8	64,0
3	29,2	19,1	48,2	31,4	25,5	13,8	70,7
4	31,5	20,9	52,4	32,7	26,0	15,8	74,5
GD t, 5 %	5,6	1,8	6,2	6,2	5,8	4,7	16,0

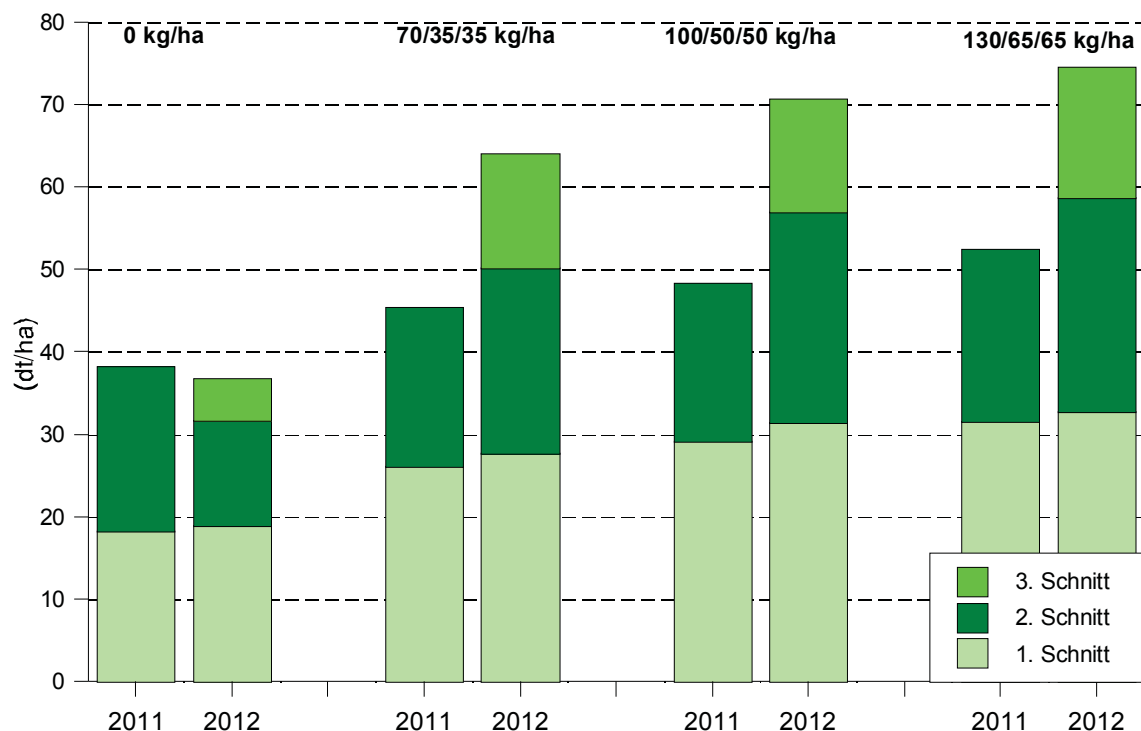


Abbildung 5: Einfluss der N-Düngung auf den Blattertrag (dt TM/ha) von Pfefferminze, Sorte ‚Multimentha‘, VS Dornburg 2011 und 2012

Die Ergebnisse belegen, dass die Pfefferminze in ertraglicher Hinsicht sehr stark auf eine Erhöhung der N-Düngung reagierte und dabei Mehrerträge (Kraut) von bis zu 47 % im ersten und 122 % im zweiten Versuchsjahr realisierte. Dabei nahm der qualitätsbestimmende Blattanteil nicht signifikant ab.

3.1.2 Ätherisches Öl

Wie bereits vorab beschrieben, wurde das ätherische Öl sowohl aus erntefrischem Kraut sofort nach der Ernte als auch aus getrockneter Ware, nach schonender Trocknung mittels Luftentfeuchtung ohne Wärmezufuhr, gewonnen. Beim Vergleich der Ergebnisse beider Jahre ist festzustellen, dass die Werte des ersten Schnittes auf nahezu dem gleichen Niveau, die des zweiten in 2012 leicht über dem Vorjahres-Level lagen, während der dritte Schnitt 2012 deutlich höhere Werte aufwies. Dies ist möglicherweise mit der warmen Witterung und der hohen Strahlungsintensität im August/September 2012 zu erklären. Ein eindeutiger Einfluss der N-Düngung auf den Gehalt an ätherischem Öl ist in beiden Jahren nicht zu erkennen. Im Mittel der Schnitte sank der Gehalt an ätherischem Öl bei der Verarbeitung frischen Erntegutes tendenziell mit steigender Düngung, im getrockneten Erntegut stieg er dagegen leicht an. Ein Unterschied in der Höhe des Gehaltes an ätherischem Öl zwischen Extraktion frischen bzw. getrockneten Erntegutes war ebenfalls nicht zu verzeichnen (Tab. 7 und 8).

Tabelle 7: Einfluss der N-Düngung auf den Gehalt an ätherischem Öl (ml/100 g TM) von Pfefferminze im 1. und 2. Erntejahr, Sorte ‚Multimentha‘, Extraktion von frischem Erntegut, VS Dornburg 2011 und 2012

PG	2011		2012		
	1. Schnitt	2. Schnitt	1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt
1	1,17	1,53	1,22	1,88	2,63
2	1,17	1,38	1,19	1,68	2,40
3	1,46	1,46	1,11	1,52	2,48
4	1,30	1,25	1,29	1,63	1,94
GD t, 5 %	0,29	0,21	0,13	0,23	0,31

Tabelle 8: Einfluss der N-Düngung auf den Gehalt an ätherischem Öl (ml/100 g TM) von Pfefferminze im 1. und 2. Erntejahr, Sorte ‚Multimentha‘, Extraktion von trockenem Erntegut, VS Dornburg 2011 und 2012

PG	2011		2012		
	1. Schnitt	2. Schnitt	1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt
1	1,23	1,34	1,05	1,88	1,53
2	1,36	1,16	1,28	1,84	2,39
3	1,55	1,23	1,25	1,86	1,78
4	1,57	1,19	1,44	1,70	2,16
GD t, 5 %	0,38	0,15	0,23	0,16	0,41

Die in den Abbildungen 6 und 7 dargestellten Ausbeuten an ätherischem Öl bei Extraktion frischer und getrockneter Pfefferminze verdeutlichen das Fehlen klarer Tendenzen, bilden aber auch deutlich die höheren Werte des Jahres 2012 ab.

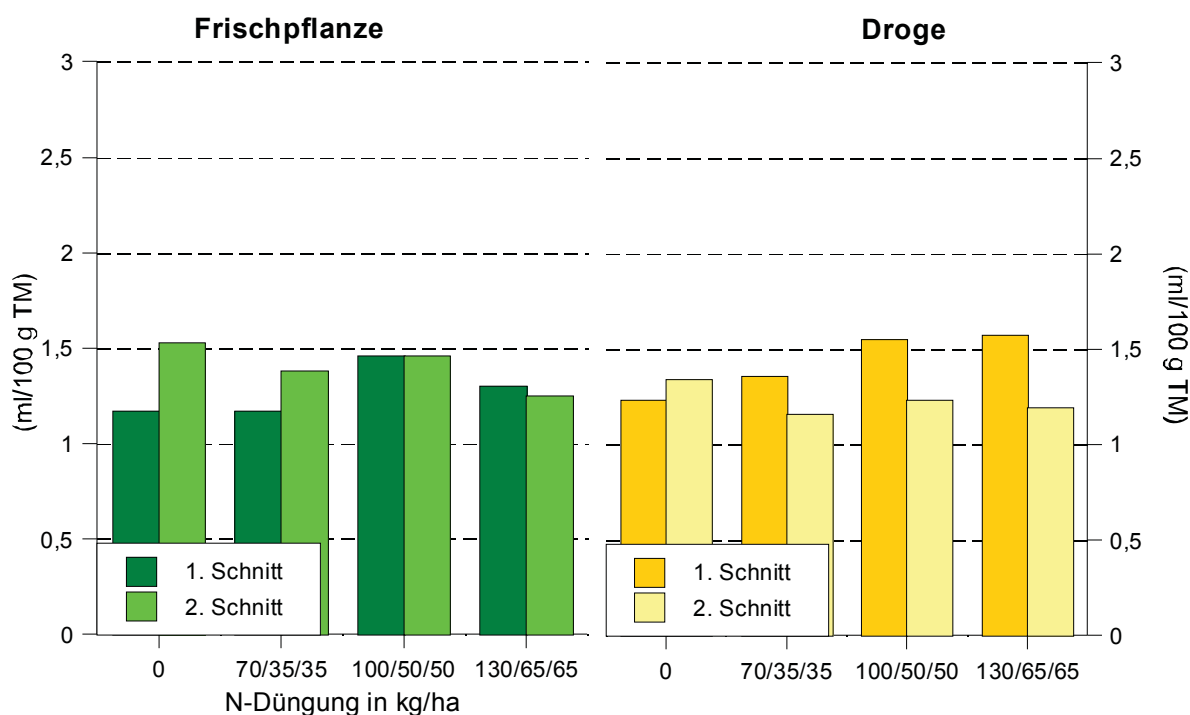


Abbildung 6: Einfluss der N-Düngung auf die Ausbeute an ätherischem Öl (ml/100 g TM) von Pfefferminze, Sorte ‚Multimentha‘, VS Dornburg 2011

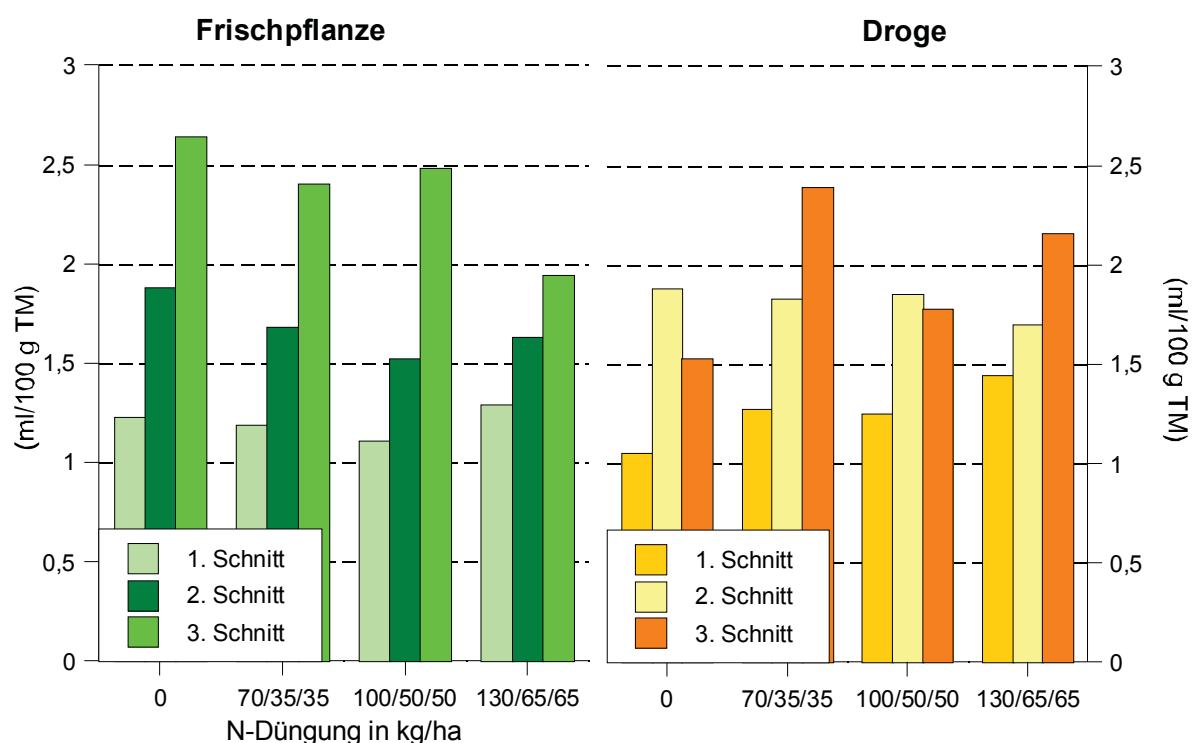


Abbildung 7: Einfluss der N-Düngung auf die Ausbeute an ätherischem Öl (ml/100 g TM) von Pfefferminze, Sorte ‚Multimentha‘, VS Dornburg 2012

Bedingt durch den fehlenden Einfluss der Düngung auf die Ausbeute an ätherischem Öl, folgen die Ölerträge je Flächeneinheit weitgehend dem Ertrag, d. h. mit steigender N-Düngung erhöht sich auch der Ölertrag. Durch die größeren Ertragsunterschiede zwischen den gedüngten Varianten und der ungedüngten Kontrolle kommt dieser Umstand in 2012 deutlich stärker zum Tragen als in 2011, wo der Zuwachs von ungedüngter zu niedrigster Düngungsstufe statistisch nicht zu sichern war (Tab. 9 und 10). Sowohl in 2011 als auch in 2012 traten zwischen den einzelnen Düngungsstufen nur vereinzelt signifikante Unterschiede auf.

Tabelle 9: Einfluss der N-Düngung auf den Ertrag an ätherischem Öl (l/ha) bei Extraktion von frischem Erntegut von Pfefferminze im 1. und 2. Erntejahr, Sorte ‚Multimentha‘, VS Dornburg 2011 und 2012

PG	2011			2012			
	1. Schnitt	2. Schnitt	Gesamt	1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt	Gesamt
1	38,4	51,0	89,4	40,8	32,0	17,8	90,7
2	54,8	47,5	102,3	59,5	65,7	46,0	171,1
3	77,2	52,1	129,3	64,1	67,6	48,1	179,8
4	75,8	47,6	123,4	73,2	77,6	43,9	194,7
GD t, 5 %	19,7	8,1	18,4	15,2	18,8	14,1	44,0

Tabelle 10: Einfluss der N-Düngung auf den Ertrag an ätherischem Öl (l/ha) bei Extraktion von getrocknetem Erntegut von Pfefferminze im 1. und 2. Erntejahr, Sorte ‚Multimentha‘, VS Dornburg 2011 und 2012

PG	2011			2012			
	1. Schnitt	2. Schnitt	Gesamt	1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt	Gesamt
1	40,2	43,9	84,1	34,9	32,7	10,1	77,7
2	63,1	39,8	102,9	64,8	71,8	46,4	183,0
3	81,5	44,6	126,1	72,3	81,8	35,1	189,2
4	91,7	45,5	137,2	81,7	80,9	48,6	211,2
GD t, 5 %	25,2	6,2	26,6	22,0	21,5	17,7	56,8

Höhere Kräuterträge und teilweise höhere Ölgehalte führten im Jahr 2012 bei den gedüngten Prüfgliedern zu Ölerträgen, die im Mittel 54 % (frisch extrahiert) bzw. 60 % (trocken extra-

hiert) über denen des Vorjahres lagen. Der Ölertrag der ungedüngten Kontrolle blieb dagegen in beiden Jahren nahezu gleich, allerdings auf sehr niedrigem Niveau (Abb. 8 und 9).

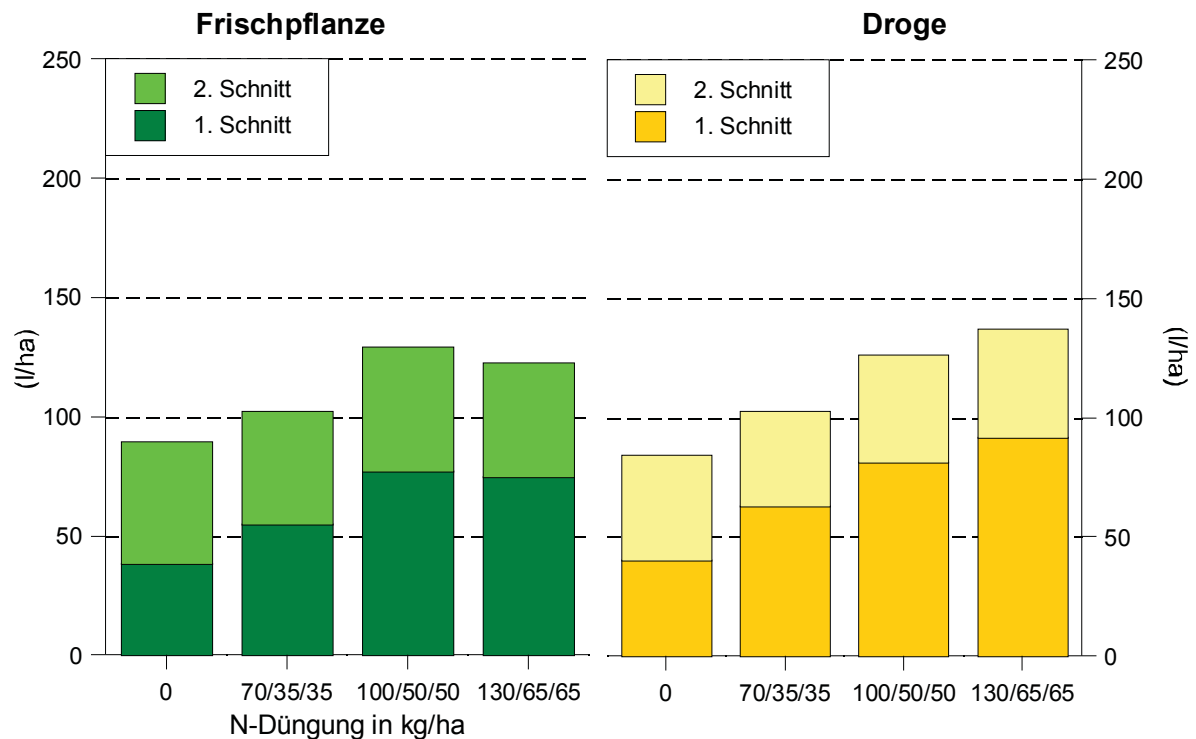


Abbildung 8: Einfluss der N-Düngung auf den Ertrag an ätherischem Öl (l/ha) von Pfefferminze, Sorte 'Multi-mentha', VS Dornburg 2011

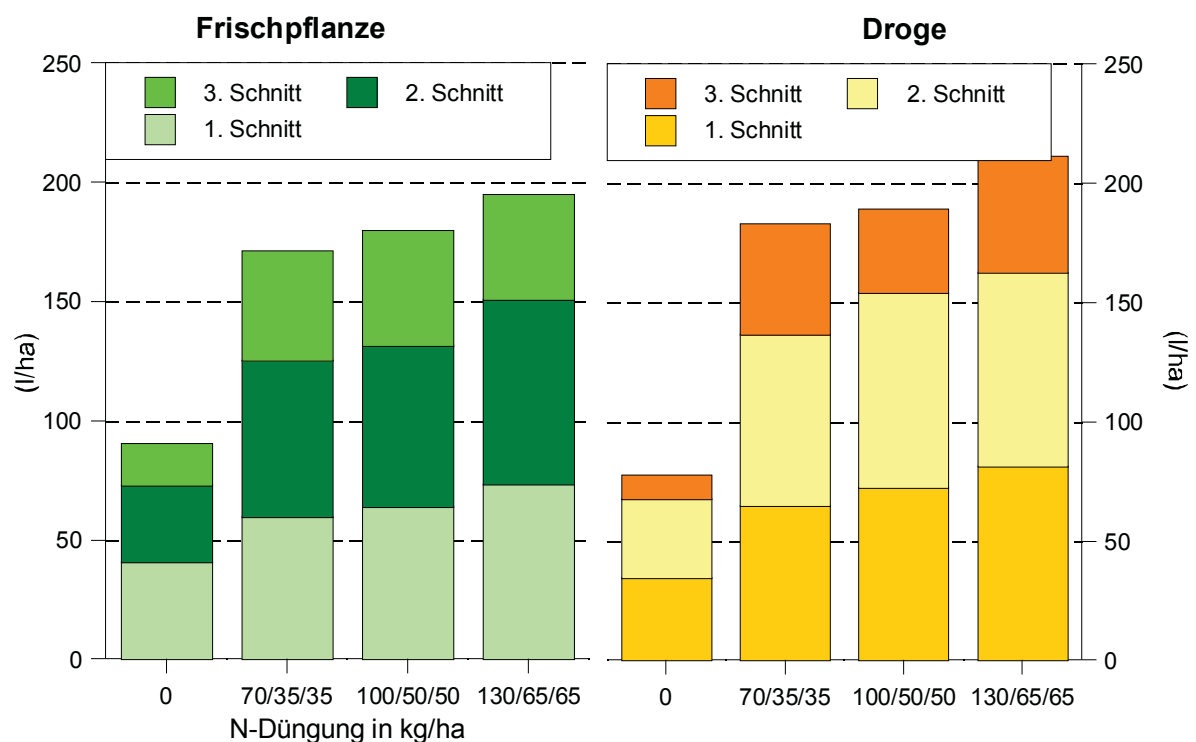


Abbildung 9: Einfluss der N-Düngung auf den Ertrag an ätherischem Öl (l/ha) von Pfefferminze, Sorte 'Multi-mentha', VS Dornburg 2012

Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass es möglich ist, durch eine bedarfsgerechte N-Düngung den Ertrag von Pfefferminze maßgeblich zu erhöhen, ohne die Gehalte an ätherischem Öl im Erntegut negativ zu beeinflussen.

Bei Betrachtung der Zusammensetzung des ätherischen Öls im Jahr 2011 ist erkennbar, dass mit steigender N-Düngung der Gehalt an Menthol im Öl leicht zurückgeht, der Menthongehalt dagegen tendenziell höher wird. Das in hohen Anteilen unerwünschte Menthofuran wird nicht beeinflusst (Tab. 11).

Tabelle 11: Einfluss der N-Düngung und der Extraktionsmethode auf die Zusammensetzung des ätherischen Öls (Hauptbestandteile in %) bei Pfefferminze im 1. Erntejahr, Sorte ‚Multimentha‘, VS Dornburg 2011

PG	Schnitt	Extraktionsmethode	Menthol	Menthon	Menthofuran	Eucalyptol	Menthylacetat	Isomenthon	Piperiton
1	1	frisch	20,46	63,74	1,89	3,32	0,42	5,26	1,65
		trocken	20,90	63,19	2,02	3,04	0,59	5,62	1,56
	2	frisch	20,85	63,13	3,80	2,37	0,34	4,62	1,40
		trocken	19,92	64,09	4,13	2,30	0,41	4,61	1,35
2	1	frisch	18,45	66,10	1,91	3,03	0,39	5,30	1,72
		trocken	18,09	65,96	2,01	3,14	0,33	5,61	1,75
	2	frisch	17,96	66,19	3,99	2,05	0,33	4,67	1,33
		trocken	18,65	65,47	3,76	2,03	0,40	4,67	1,40
3	1	frisch	18,39	66,09	1,95	2,99	0,38	5,32	1,73
		trocken	16,69	67,38	1,96	3,10	0,34	5,66	1,77
	2	frisch	18,80	65,84	3,81	1,71	0,35	4,68	1,39
		trocken	19,22	64,09	3,81	1,96	0,41	4,70	1,41
4	1	frisch	18,00	66,55	1,84	3,03	0,44	5,46	1,79
		trocken	17,11	66,68	2,12	2,99	0,54	5,42	1,72
	2	frisch	15,94	68,24	3,95	1,96	0,29	4,74	1,37
		trocken	17,84	66,42	3,99	2,03	0,40	4,67	1,39

Die Werte des Jahres 2012 bestätigten diese Ergebnisse weitgehend. Allerdings ist insgesamt festzustellen, dass der Einfluss der Witterung und des Schnittes deutlich größer ist, als der der Düngung.

Tabelle 12: Einfluss der N-Düngung und der Extraktionsmethode auf die Zusammensetzung des ätherischen Öls (Hauptbestandteile in %) bei Pfefferminze im 2. Erntejahr, Sorte ‚Multimentha‘, VS Dornburg 2012

PG	Schnitt	Extraktionsmethode	Menthol	Menthon	Menthofuran	Eucalyptol	Menthylacetat	Isomenthon	Piperiton
1	1	frisch	21,19	62,98	1,16	2,96	1,21	5,63	1,51
		trocken	21,44	62,40	1,18	2,92	1,66	5,91	1,48
	2	frisch	21,08	60,28	4,52	2,39	0,73	5,08	1,24
		trocken	21,68	59,88	4,24	2,68	0,76	5,21	1,26
	3	frisch	21,45	59,60	6,00	2,27	1,30	4,52	1,17
		trocken	22,00	58,68	7,17	1,97	1,40	4,04	1,05
2	1	frisch	20,57	63,18	1,69	2,72	1,29	5,36	1,55
		trocken	20,72	62,60	1,85	2,80	1,53	5,47	1,58
	2	frisch	16,58	63,73	6,14	2,07	0,63	4,87	1,16
		trocken	17,70	63,27	5,37	2,35	0,64	4,98	1,27
	3	frisch	20,69	59,31	8,09	1,95	1,09	4,02	1,08
		trocken	21,57	59,40	7,32	1,99	1,17	4,10	1,10
3	1	frisch	18,56	65,36	1,62	2,63	1,07	5,43	1,59
		trocken	20,70	62,45	1,82	2,78	1,60	5,63	1,57
	2	frisch	15,02	65,20	5,74	2,03	0,53	5,01	1,23
		trocken	16,62	64,24	5,61	2,30	0,60	4,99	1,32
	3	frisch	20,00	60,07	7,65	1,89	1,09	4,12	1,09
		trocken	20,95	59,88	7,46	1,83	1,28	4,05	1,04
4	1	frisch	18,51	65,19	1,78	2,60	1,14	5,39	1,64
		trocken	19,46	63,62	2,08	2,90	1,27	5,35	1,62
	2	frisch	13,85	65,79	6,39	1,79	0,58	4,93	1,20
		trocken	14,68	66,14	5,85	2,10	0,56	4,93	1,32
	3	frisch	18,61	60,63	8,42	1,77	1,06	3,97	1,04
		trocken	19,47	60,60	7,60	1,93	1,11	4,07	1,15

3.1.3 Rosmarinsäure

Rosmarinsäure ist ein sekundärer Pflanzeninhaltsstoff, der vorrangig in Arten der Familie der Lamiaceae (Lippenblütler) vorkommt. Bekannt sind vor allem hohe Gehalte in Rosmarin und Melisse, aber auch Pfefferminze enthält den Stoff in einem gewissen Maße. Rosmarinsäure wirkt antiviral und antibakteriell. Sie besitzt als pflanzliches Antioxidans eine wichtige wirtschaftliche Bedeutung.

Im vorliegenden Versuch wurde der Gehalt an Rosmarinsäure im getrockneten Blatt der Pfefferminze untersucht. Vergleichend dazu kamen Extraktionsrückstände aus der Verarbeitung frischen und getrockneten Pflanzenmaterials zur Analyse. Im Jahr 2011 zeigte sich, dass in allen drei untersuchten Chargen Rosmarinsäure enthalten war, wenngleich die Gehalte deutlich unter den bekannten Werten der Melisse lagen (Tab. 13).

Tabelle 13: Einfluss der N-Düngung auf den Gehalt an Rosmarinsäure in Pfefferminze im 1. Erntejahr, Sorte ‚Multimentha‘, Bestimmung im getrocknetem Blatt sowie in getrockneten Extraktionsrückständen (Blatt) bei frisch und trocken extrahiertem Material, VS Dornburg 2011

PG	Getrocknetes Blatt (% TM)		Extraktionsrückstand, frisch extrahiert (% TM)		Extraktionsrückstand, trocken extrahiert (% TM)	
	1. Schnitt	2. Schnitt	1. Schnitt	2. Schnitt	1. Schnitt	2. Schnitt
1	3,07	2,54	3,05	-	1,82	1,52
2	2,88	2,19	2,77	-	2,26	1,31
3	2,30	2,35	3,17	-	1,55	1,37
4	2,43	2,17	2,72	-	1,50	1,04

Interessant war vor allem, dass die frisch extrahierten Blätter ähnlich hohe bzw. teilweise höhere Werte aufwiesen wie die getrockneten Blätter ohne vorherige Nutzung, weil sich hier ja eventuell die Möglichkeit einer Doppelnutzung und damit einer verbesserten Wirtschaftlichkeit ergeben könnte. Leider konnten 2011 aufgrund eines Fehlers bei der Probenahme vom frischen Extraktionsrückstand nur der erste Schnitt untersucht werden (Abb. 10).

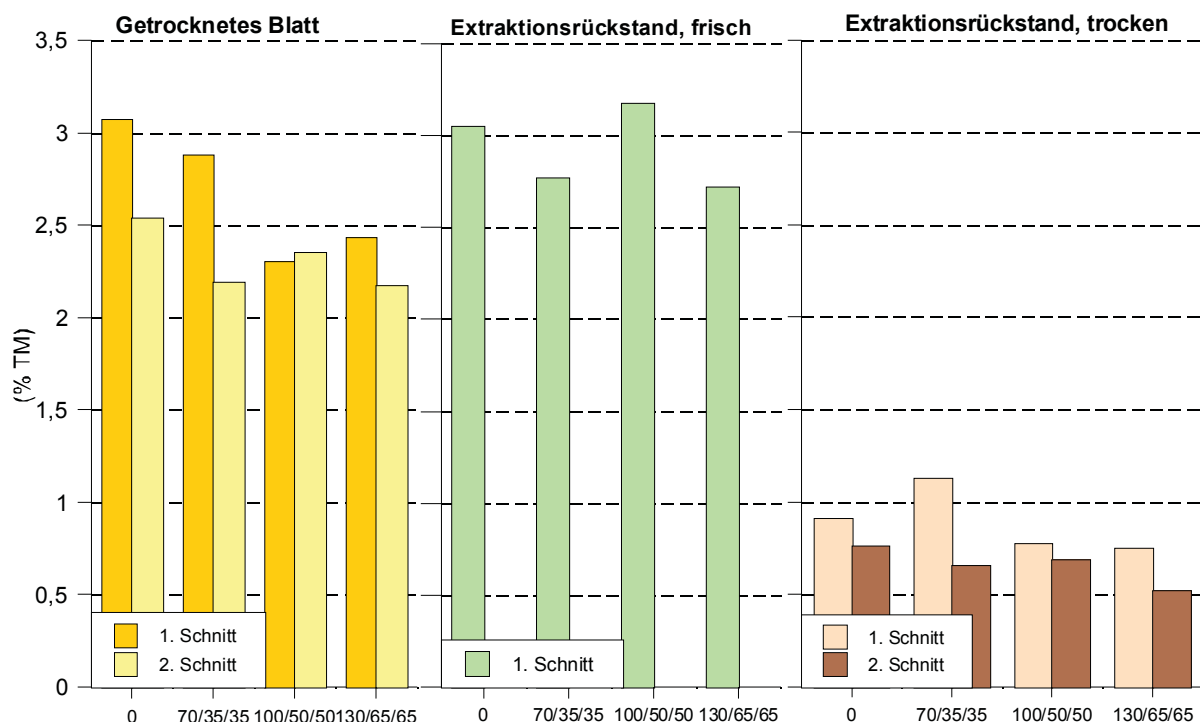


Abbildung 10: Einfluss der N-Düngung auf den Gehalt an Rosmarinsäure (% TM) im getrockneten Blatt sowie in Extraktionsrückständen (Blatt) nach Extraktion frischen und getrockneten Erntegutes von Pfefferminze, Sorte ‚Multimentha‘, VS Dornburg 2011

Aus den Ergebnissen resultierten für 2011 theoretische Rosmarinsäuregehalte von 107 bis 122 kg/ha bei der Verwendung des getrockneten Blattes bzw. 50 bis 84 kg/ha beim Extraktionsrückstand nach der Verarbeitung getrockneter Ware (Tab. 14).

Tabelle 14: Einfluss der N-Düngung auf den Ertrag an Rosmarinsäure in Pfefferminze im 1. Erntejahr, Sorte ‚Multimetha‘, Bestimmung im getrocknetem Blatt sowie in getrockneten Extraktionsrückständen (Blatt) bei frisch und trocken extrahiertem Material, VS Dornburg 2011

PG	Getrocknetes Blatt (kg/ha)			Extraktionsrückstand, frisch extrahiert (kg/ha)			Extraktionsrückstand, trocken extrahiert (kg/ha)		
	1.Schn.	2.Schn.	Gesamt	1.Schn.	2.Schn.	Gesamt	1.Schn.	2.Schn.	Gesamt
1	56,2	50,5	106,7	55,8	-	-	20,1	30,2	50,3
2	75,2	42,3	117,5	72,3	-	-	59,0	25,3	84,3
3	67,2	44,9	112,1	92,6	-	-	45,3	26,2	71,5
4	76,5	45,4	121,9	85,7	-	-	47,2	21,7	68,9

In 2012 waren die Gehalte insgesamt etwas höher. Generell bestätigten sich jedoch die Ergebnisse des ersten Jahres weitgehend, wobei allerdings die Rosmarinsäuregehalte im Extraktionsrückstand nach Frischextraktion beim zweiten und dritten Schnitt deutlich über den Werten des getrockneten Blattes lagen. Wie bereits im Vorjahr fielen die Gehalte im Extraktionsrückstand getrockneter Pfefferminze deutlich ab (Tab. 15 und Abb. 11).

Tabelle 15: Einfluss der N-Düngung auf den Gehalt an Rosmarinsäure in Pfefferminze im 2. Erntejahr, Sorte ‚Multimetha‘, Bestimmung im getrocknetem Blatt sowie in getrockneten Extraktionsrückständen (Blatt) bei frisch und trocken extrahiertem Material, VS Dornburg 2012

PG	Getrocknetes Blatt (% TM)			Extraktionsrückstand, frisch extrahiert (% TM)			Extraktionsrückstand, trocken extrahiert (% TM)		
	1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt	1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt	1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt
1	4,01	3,63	3,32	3,86	4,60	4,30	2,66	2,17	2,67
2	3,52	2,51	3,95	3,66	4,34	4,10	2,16	1,44	1,59
3	3,12	2,26	3,54	3,49	3,55	4,44	2,14	1,28	1,79
4	2,89	1,91	3,08	3,61	3,49	3,25	2,06	1,12	1,50

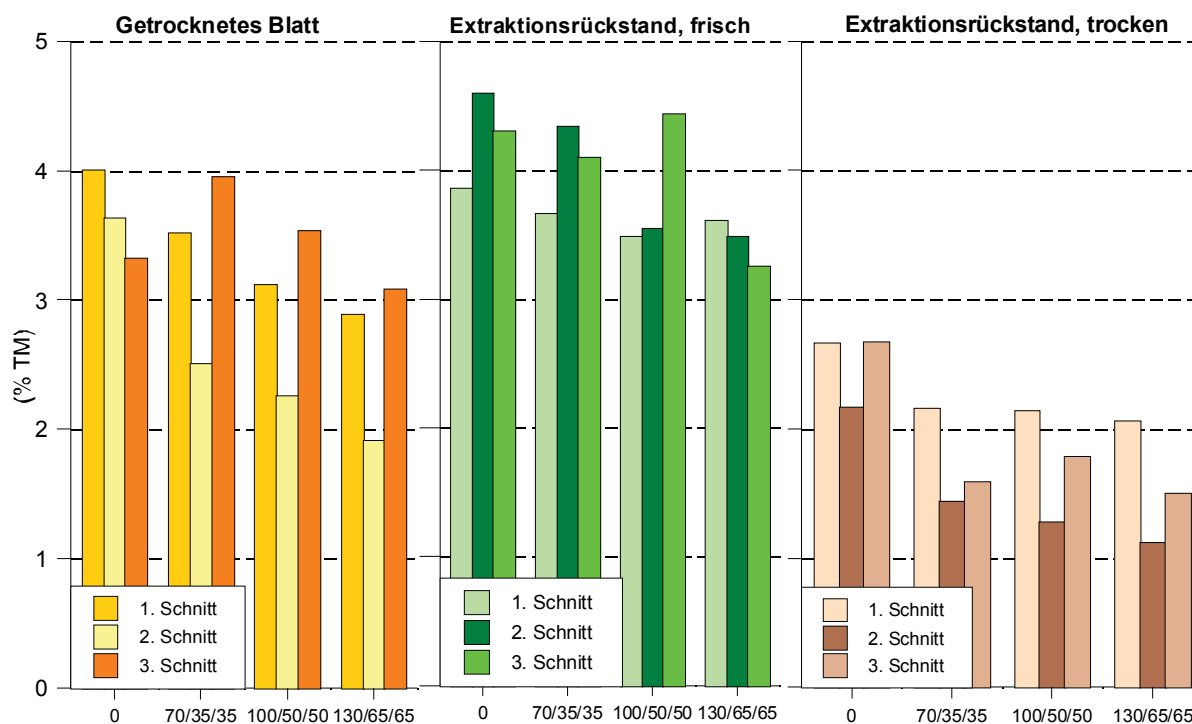


Abbildung 11: Einfluss der N-Düngung auf den Gehalt an Rosmarinsäure (% TM) im getrockneten Blatt sowie in Extraktionsrückständen (Blatt) nach Extraktion frischen und getrockneten Erntegutes von Pfefferminze, Sorte ‚Multimetha‘, VS Dornburg 2012

Insgesamt war 2012 ein Rückgang der Rosmarinsäuregehalte in allen Fraktionen mit steigender N-Düngung zu verzeichnen. Im getrockneten Blatt enthielt die ungedüngte Kontrolle im Mittel aller Schnitte 3,65 %, PG 2 3,33 %, PG 3 2,97 % und die höchste Düngungsstufe nur noch 2,63 % Rosmarinsäure. In den Extraktionsrückständen nach Frischextraktion gingen die durchschnittlichen Rosmarinsäuregehalte von 4,25 % bei der ungedüngten Variante, über 4,03 % und 3,83 % bei der PG 2 und 3 bis auf 3,45 % bei Variante 4 zurück. Auch in den Rückständen der Trockenextraktion fielen die Gehalte von der ungedüngten Kontrolle zur höchsten Düngungsstufe um ca. 1 % von 2,57 % auf 1,56 % ab. Die Varianten 2 und 3 lagen hier mit 1,73 % bzw. 1,74 % Rosmarinsäure auf etwa dem gleichen Niveau.

Durch die höheren Blatterträge und Inhaltsstoffgehalte in 2012 lagen auch die theoretischen Rosmarinsäureerträge je Flächeneinheit weit über dem Vorjahresniveau. Allerdings hoben sich die mit steigender N-Düngung steigenden Blatterträge und sinkenden Rosmarinsäuregehalte weitgehend auf, so dass letztlich alle gedüngten Varianten bezüglich des Rosmarinsäureertrages das gleiche Level aufwiesen, dabei aber weit über dem ungedüngten Prüfglied blieben. (Tab. 16 und Abb. 12).

Tabelle 16: Einfluss der N-Düngung auf den Ertrag an Rosmarinsäure in Pfefferminze im 2. Erntejahr, Sorte ‚Multimentha‘, Bestimmung im getrocknetem Blatt sowie in getrockneten Extraktionsrückständen (Blatt) bei frisch und trocken extrahiertem Material, VS Dornburg 2012

PG	Getrocknetes Blatt (kg/ha)				Extraktionsrückstand, frisch extrahiert (kg/ha)				Extraktionsrückstand, trocken extrahiert (kg/ha)			
	1.Schn.	2.Schn.	3.Schn.	Gesamt	1.Schn.	2.Schn.	3.Schn.	Gesamt	1.Schn.	2.Schn.	3.Schn.	Gesamt
1	75,8	46,5	16,9	139,2	73,0	58,9	21,9	153,8	50,3	27,8	13,6	91,7
2	97,5	56,5	54,5	208,5	101,4	97,6	56,6	255,6	59,8	32,4	21,9	114,2
3	98,0	57,6	48,8	204,4	109,6	90,5	61,3	261,4	67,2	32,6	24,7	124,5
4	94,5	49,7	48,7	192,8	118,0	97,7	51,4	260,1	67,4	29,1	23,7	120,2

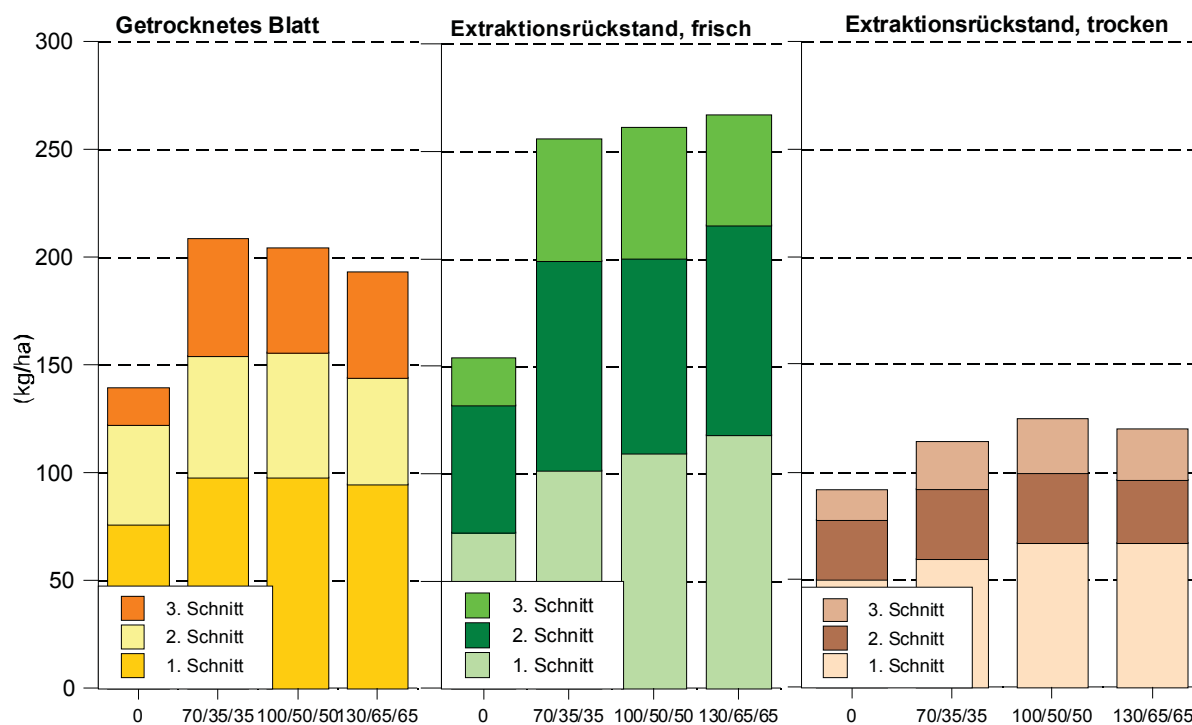


Abbildung 12: Einfluss der N-Düngung auf den Ertrag an Rosmarinsäure (kg/ha) im getrockneten Blatt sowie in Extraktionsrückständen (Blatt) nach Extraktion frischen und getrockneten Erntegutes von Pfefferminze, Sorte ‚Multimentha‘, VS Dornburg 2012

Aus den Ergebnissen kann geschlussfolgert werden, dass eine Doppelnutzung der Pfefferminze hinsichtlich der Gewinnung von ätherischem Öl und Rosmarinsäure durchaus denkbar wäre, wenn Extraktionsrückstände nach der Frischverarbeitung zur Verwendung kommen.

3.1.4 N-Gehalt und N-Entzug

Wie bereits eingangs erwähnt, gilt Pfefferminze als nährstoffbedürftige Pflanze. Im vorgestellten Versuch beliefen sich die insgesamt verabreichten N-Mengen der gedüngten Varianten ab dem zweiten Jahr auf 140 kg/ha, 200 kg/ha und 260 kg/ha, gestaffelt verabreicht zu Vegetationsbeginn sowie nach dem ersten und zweiten Schnitt, wobei zu Vegetationsbeginn der N_{\min} -Gehalt des Bodens von 0 bis 60 cm berücksichtigt worden ist. Die Untersuchung der N-Gehalte im Erntegut zeigte, dass die Werte mit steigender N-Düngung anstiegen und die Pfefferminze in der höchsten Düngungsstufe auch den höchsten N-Gehalt aufwies (Tab. 17).

Tabelle 17: Einfluss der N-Düngung auf den N-Gehalt (% TM) von Pfefferminze im 1. und 2. Erntejahr, Sorte ‚Multimentha‘, VS Dornburg 2011 und 2012

PG	2011		2012		
	1. Schnitt	2. Schnitt	1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt
1	1,38	1,74	1,25	1,82	2,39
2	1,78	1,87	1,62	1,90	2,58
3	1,82	1,86	1,76	1,93	2,85
4	1,97	2,10	2,13	2,39	3,27

Bedingt durch die parallel zur Höhe der N-Düngung steigenden Erträge und N-Gehalte erhöhten sich auch die Entzüge der Prüfglieder (Tab. 18).

Tabelle 18: Einfluss der N-Düngung auf den N-Entzug (kg/ha) von Pfefferminze im 1. und 2. Erntejahr, Sorte ‚Multimentha‘, VS Dornburg 2011 und 2012

PG	2011			2012			
	1. Schnitt	2. Schnitt	Gesamt	1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt	Gesamt
1	45,2	57,2	102,4	41,7	31,3	15,4	88,4
2	82,9	64,0	146,9	81,8	74,7	50,0	206,5
3	96,9	67,0	163,9	101,7	86,1	55,5	243,3
4	114,9	80,5	195,4	120,8	113,3	74,0	308,1

Bei der Betrachtung des vereinfachten N-Saldos, N-Düngung – N-Entzug, ist zu erkennen, dass die Pfefferminze in 2011 lediglich bei der niedrigsten Düngungsstufe ein negatives Saldo aufwies, bei den höheren Düngungsstufen z. T. jedoch rein rechnerisch erhebliche Überschüsse blieben. Dies ist vor allem der Tatsache geschuldet, dass zwar nach dem zweiten Schnitt noch ein Aufwuchs erfolgte, dieser aber aufgrund der Jahreswitterung nicht mehr die Erntereife erreichte. Der „überschüssige“ Nährstoff war demzufolge höchstwahrscheinlich in der Pflanze gebunden und nicht im Boden frei verfügbar. Im Folgejahr lagen die N-Salden aller Prüfglieder im negativen Bereich. Dies zeigt, dass die Pfefferminze den verabreichten Nährstoff vollständig verbrauchte (Tab 19).

Tabelle 19: Einfluss der N-Düngung auf das N-Saldo von Pfefferminze im 1. und 2. Erntejahr, Sorte ‚Multimentha‘, VS Dornburg 2011 und 2012

PG	N-Düngung (kg/ha)	N-Saldo (kg/ha)	
		2011	2012
1	0	-102,4	-88,4
2	140	-6,9	-66,5
3	200	36,1	-43,3
4	260	64,6	-48,1

Damit bestätigten die Ergebnisse den hohen Nährstoffbedarf der Pfefferminze, die in Abhängigkeit vom Ertragsniveau und der N-Versorgung des Bodens 200 bis 250 kg N/ha und Jahr benötigt.

3.2 Melisse

3.2.1 Wuchshöhe und Ertrag

Im Anpflanzjahr erzielte die Melisse keinen erntewürdigen Aufwuchs. Die ersten Ernten erfolgten also erst in 2011. Hier entwickelte sich die Melisse trotz der Trockenheit im Frühjahr zügiger als die Pfefferminze und konnte demzufolge auch bereits am 06.06.2011 geerntet werden. Aufgrund der reichlicheren Niederschläge im Juni und Juli war bereits am 18.07. ein zweiter Schnitt aufgewachsen. Eine dritte Ernte konnte am 22.09.2011 erfolgen. Auch in 2012 waren drei Schnitte möglich, der erste am 31.05., der zweite am 23.07. und ein dritter Schnitt am 18.09.2012. Bedingt durch die anhaltende Trockenheit ab Mitte Juli 2012 war der dritte Aufwuchs erheblich geringer als die vorherigen.

Beim ersten Schnitt 2011 waren in Bezug auf die Wuchshöhe der einzelnen Prüfglieder kaum Unterschiede erkennbar. Trotz der geringen N_{\min} -Gehalte von 24 kg/ha (0 bis 60 cm Bodentiefe) war der gesamte Versuch rein visuell sehr ausgeglichen und die ungedüngte Kontrolle kaum erkennbar. Allerdings blieb diese dann bereits bei der zweiten Ernte deutlich hinter allen gedüngten zurück. Dies setzte sich auch beim dritten Schnitt 2011 sowie allen Ernten 2012 fort (Tab. 20).

Tabelle 20: Einfluss der N-Düngung auf die Wuchshöhe (cm) von Melisse im 1. und 2. Erntejahr, Sorte ‚Citronella‘, VS Dornburg 2011 und 2012

PG	2011			2012		
	1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt	1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt
1	45	22	17	35	20	10
2	45	40	29	51	40	16
3	46	45	33	55	46	18
4	47	47	39	60	48	21
GD t, 5 %	n. b.	10,7	8,8	10,5	11,7	4,3

Allgemein ist die Wuchshöhe von krautigen Pflanzen ein Indiz für deren Ertragsvermögen. Wie die Differenzierung der Pflanzenlängen der Düngungsvarianten ab dem zweiten Schnitt 2011 andeutete, traten dann auch signifikante Ertragsunterschiede zwischen der ungedüngten und den gedüngten Varianten auf (Tab. 21).

Tabelle 21: Einfluss der N-Düngung auf den Ertrag (dt TM/ha) von Melisse im 1. und 2. Erntejahr, Sorte ‚Citronella‘, VS Dornburg 2011 und 2012

PG	2011				2012			
	1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt	Gesamt	1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt	Gesamt
1	41,4	15,8	9,5	66,7	29,9	14,4	5,4	49,7
2	46,0	33,7	21,5	101,2	49,0	28,0	13,4	90,4
3	50,8	35,9	24,9	111,6	45,8	30,6	15,3	91,8
4	55,1	37,2	31,6	124,0	47,9	33,6	17,2	98,7
GD t, 5 %	6,6	10,0	8,7	23,9	10,5	8,1	5,6	22,9

Allerdings variierten die einzelnen Düngungsstufen nicht signifikant. Lediglich zwischen der niedrigsten und der höchsten Düngungsstufe ließen sich die Unterschiede in einzelnen Fällen statistisch sichern. Die kumulierten Krauterträge beider Jahre lagen ebenfalls bei allen Düngungsstufen auf einem Niveau, wobei ein tendenzieller Ertragszuwachs mit steigender N-Düngung erkennbar war. Alle gedüngten Varianten lagen jedoch signifikant über der un-

gedüngten Kontrolle. Der insgesamt niedrigere Ertrag des zweiten Erntejahres ist hauptsächlich dem geringen Aufwuchs zum dritten Schnitt geschuldet (Abb. 13).

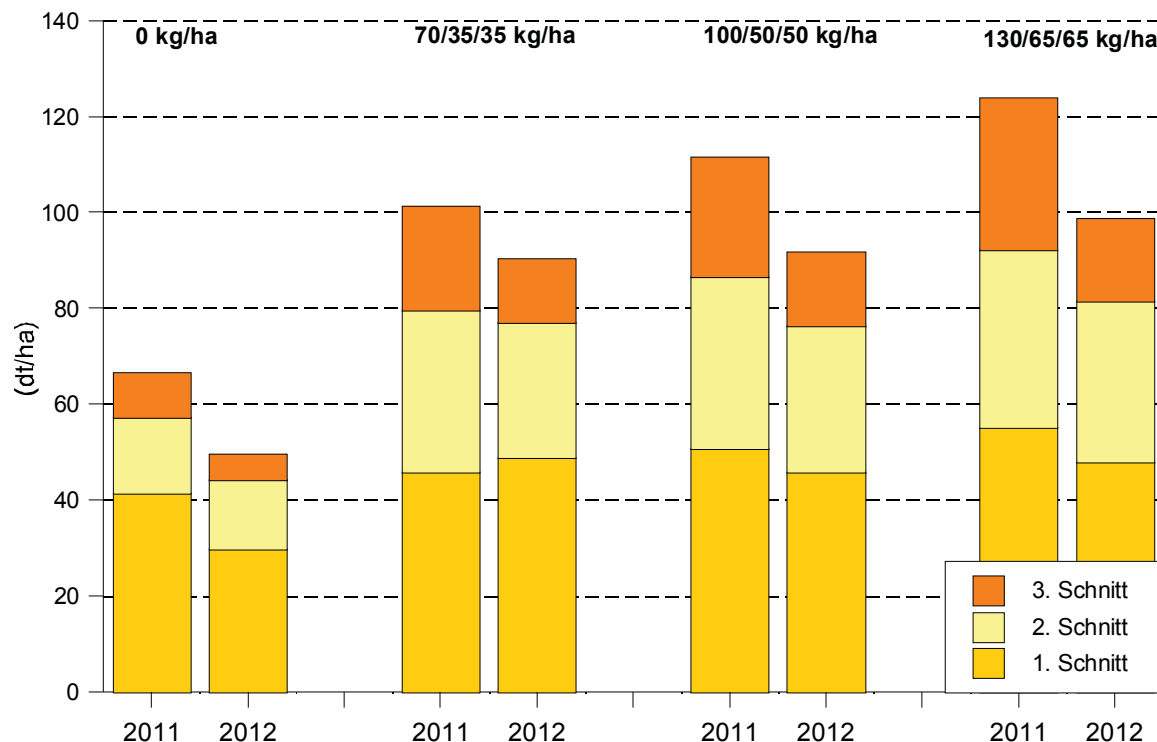


Abbildung 13: Einfluss der N-Düngung auf den Krautertrag (dt TM/ha) von Melisse, Sorte ‚Citronella‘, VS Dornburg 2011 und 2012

Mit steigender N-Düngung verschob sich bei Melisse das Blatt-Stängel-Verhältnis geringfügig zu Ungunsten des Blattanteils. Während die ungedüngte Variante im Mittel der Schnitte und Jahre einen Blattanteil von 70 % aufwies, waren es im Mittel der gedüngten nur 64 %, allerdings ohne eindeutige Differenzierung der Düngungsstufen. Dadurch traten die Unterschiede in den Blatterträgen weniger deutlich zu Tage als im Krautertrag (Tab. 22).

Tabelle 22: Einfluss der N-Düngung auf den Blattertrag (dt TM/ha) von Melisse im 1. und 2. Erntejahr, Sorte ‚Citronella‘, VS Dornburg 2011 und 2012

PG	2011				2012			
	1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt	Gesamt	1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt	Gesamt
1	25,1	11,4	7,3	43,7	21,2	11,3	4,6	37,1
2	26,8	23,1	13,6	63,5	32,0	18,8	11,5	62,4
3	29,8	22,6	15,9	68,2	29,7	20,2	13,0	62,9
4	32,4	23,5	18,7	74,6	30,1	22,2	13,5	65,8
GD t, 5 %	3,6	6,1	4,6	13,1	5,8	4,5	4,4	13,7

Trotzdem wiesen wiederum alle Düngungsstufen ab dem zweiten Schnitt 2011 höhere Blatterträge auf als die ungedüngte Kontrolle. Tendenziell stieg in 2011 der Blattertrag mit steigender N-Versorgung an, im Folgejahr war diese Tendenz kaum noch erkennbar (Abb. 14).

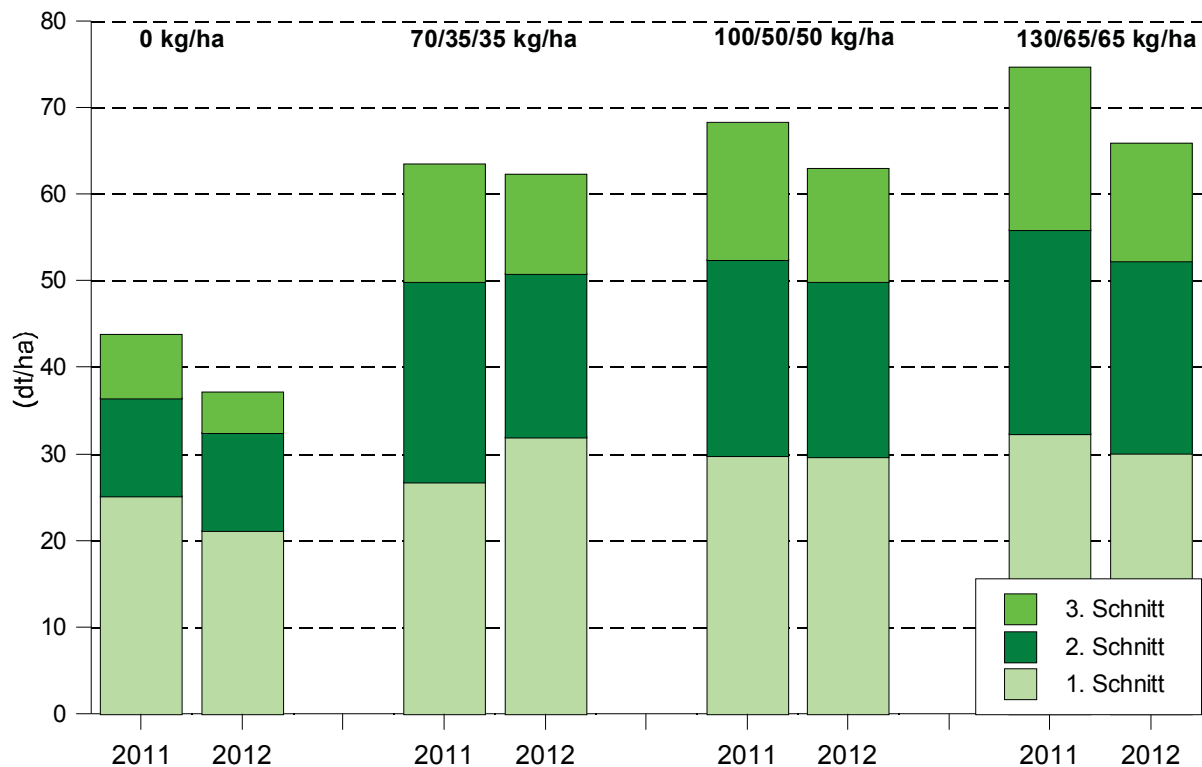


Abbildung 14: Einfluss der N-Düngung auf den Blattertrag (dt TM/ha) von Melisse, Sorte ‚Citronella‘, VS Dornburg 2011 und 2012

Insgesamt ist einzuschätzen, dass die Melisse ebenfalls deutlich auf die N-Düngung reagiert. So wiesen die gedüngten Varianten bezüglich des Krautertrages in 2011 Mehrerträge von 52 % (PG 2), 67 % (PG 3) und 85 % (PG 4) bzw. 82 % (PG 2), 85 % (PG 3) und 98 % (PG 4) im Jahr 2012 gegenüber der ungedüngten Kontrolle auf.

3.2.2 Ätherisches Öl

Die Bestimmung der Ausbeuten an ätherischem Öl in der Melisse erfolgte analog zur Pfefferminze. Es wurde einmal das frische Kraut sofort nach der Ernte und zum anderen schonend getrocknetes Erntegut verarbeitet. Da die Melisse genetisch bedingt um ein Vielfaches geringere Ölgehalte aufweist als die Pfefferminze, war es nicht möglich, die gewonnene Ölmenge jeder Parzelle separat zu bestimmen. Deshalb ist die Ausbeute der vier Wiederholungen gesammelt und zur Gehaltsbestimmung verwendet worden. Wegen der niedrigen Erträge des letzten Schnittes 2012 war hier keine Frischextraktion möglich.

Insgesamt war festzustellen, dass die Ölausbeuten sehr stark schwankten. Beim ersten Schnitt beider Jahre lagen die Ausbeuten bei 0,05 ml/100 g, beim zweiten und dritten Schnitt waren die Ausbeuten dann zwei- bis fünffach höher. Bereits in 2011 zeigte sich, dass bei der Verarbeitung des frischen Krautes nahezu durchgehend geringere Ausbeuten als bei getrockneter Ware zu verzeichnen waren (Abb. 15). Dieser Trend setzte sich auch in 2012 tendenziell fort (Abb. 16).

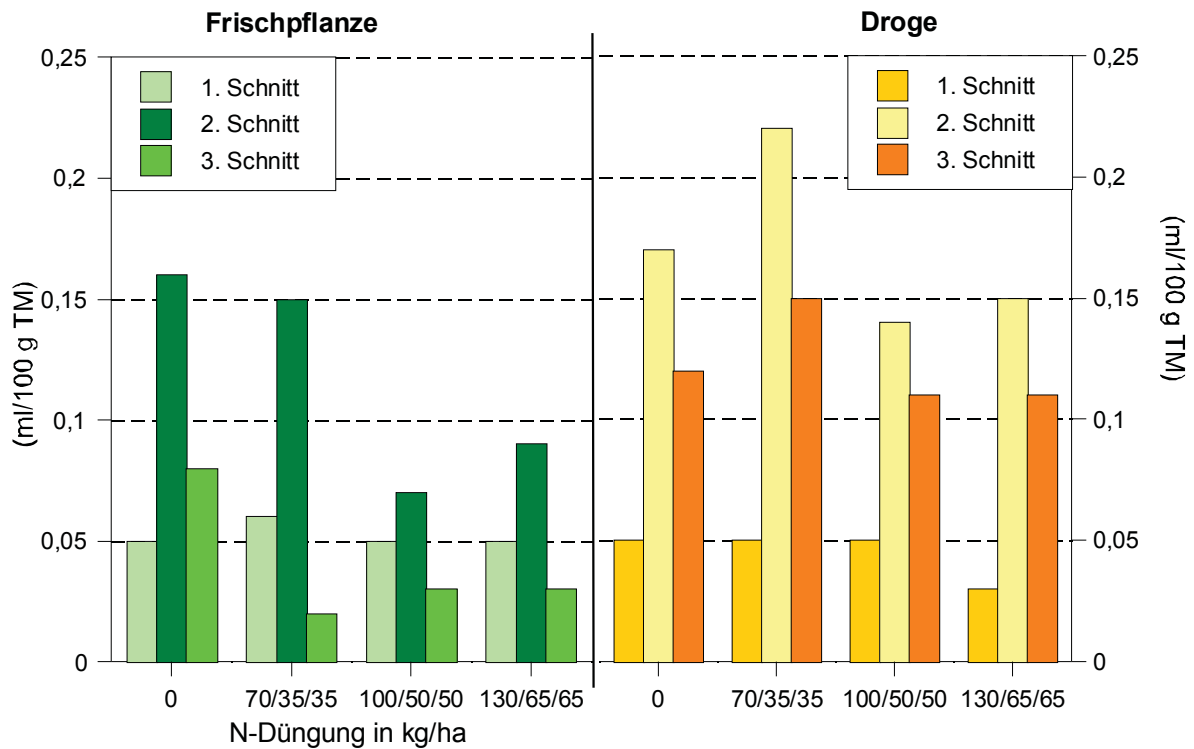


Abbildung 15: Einfluss der N-Düngung auf die Ausbeute an ätherischem Öl in frisch und getrocknet extrahierter Melisse, Sorte Citronella, VS Dornburg 2011

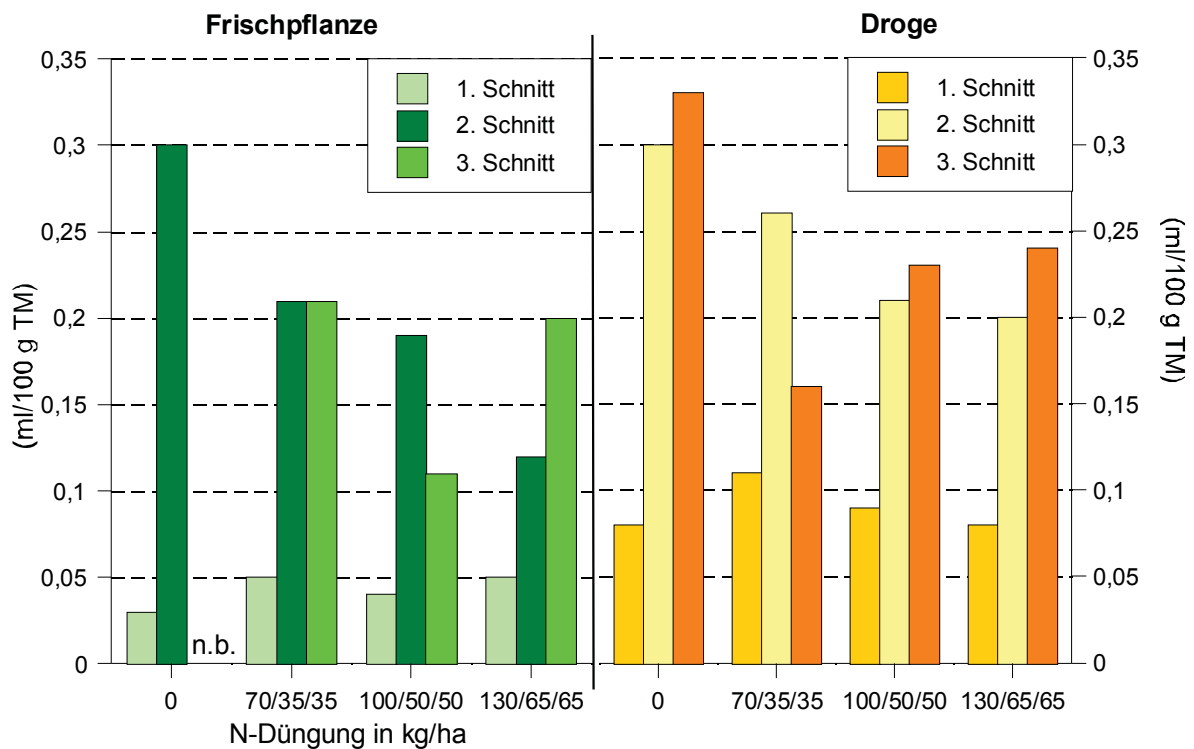


Abbildung 16: Einfluss der N-Düngung auf die Ausbeute an ätherischem Öl in frisch und getrocknet extrahierter Melisse, Sorte Citronella, VS Dornburg 2012

Dabei war festzustellen, dass im Erntegut der ungedüngten Variante bei Frischverarbeitung immer mehr Öl enthalten war als bei den gedüngten Prüfgliedern. Tendenziell traf dies auch auf Verarbeitung getrockneter Ware zu (Tab. 23 und 24).

Tabelle 23: Einfluss der N-Düngung auf den Gehalt an ätherischem Öl (ml/100 g TM) von Melisse im 1. und 2. Erntejahr, Sorte ‚Citronella‘, Extraktion von frischem Erntegut, VS Dornburg 2011 und 2012

PG	2011			2012		
	1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt	1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt
1	0,05	0,16	0,10	0,03	0,30	n. b.
2	0,06	0,15	0,04	0,05	0,21	0,21
3	0,05	0,07	0,05	0,04	0,19	0,11
4	0,05	0,09	0,04	0,05	0,12	0,20

Tabelle 24: Einfluss der N-Düngung auf den Gehalt an ätherischem Öl (ml/100 g TM) von Melisse im 1. und 2. Erntejahr, Sorte ‚Citronella‘, Extraktion von getrocknetem Erntegut, VS Dornburg 2011 und 2012

PG	2011			2012		
	1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt	1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt
1	0,05	0,17	0,12	0,08	0,30	0,33
2	0,05	0,22	0,15	0,11	0,26	0,16
3	0,05	0,14	0,11	0,09	0,21	0,23
4	0,03	0,15	0,11	0,08	0,20	0,24

Durch die höheren Gehalte an ätherischem Öl der ungedüngten Variante bei Verarbeitung frischen Erntegutes lag deren Ölertrag 2011 auf dem gleichen Niveau wie der von Prüfglied 3. Die höchsten Ölerträge erreichte Prüfglied 2, gefolgt von Prüfglied 4. Die gleiche Rangfolge der Prüfglieder war auch bei der Verarbeitung der Krautdroge zu verzeichnen, allerdings hier mit einem deutlichen Abfall der ungedüngten Variante (Abb. 17).

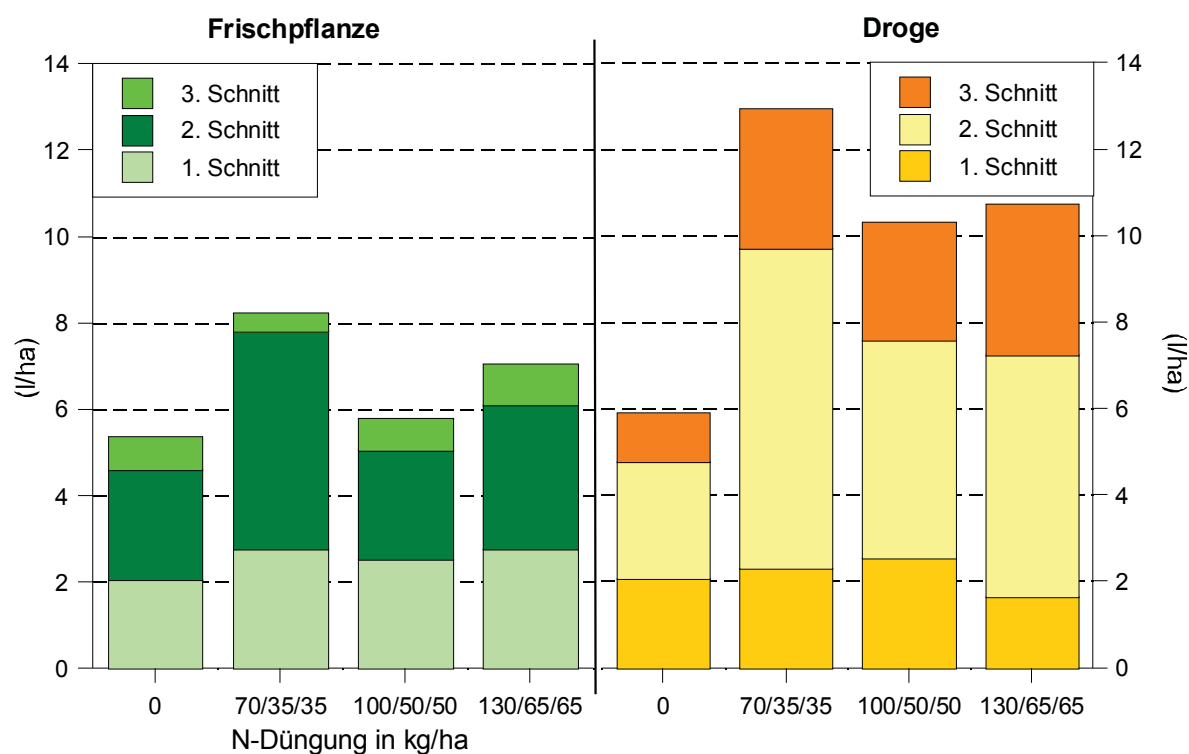


Abbildung 17: Einfluss der N-Düngung auf den Ertrag an ätherischem Öl in frisch und getrocknet extrahierter Melisse, Sorte ‚Citronella‘, VS Dornburg 2011

In 2012 konnte der Ölertrag der ungedüngten Variante bei Frischextraktion nicht berechnet werden, da beim dritten Schnitt nicht genügend Erntegut für die Extraktion zur Verfügung stand (Abb. 18). Die Rangfolge der restlichen Prüfglieder entsprach der aus 2011, wenngleich mit deutlich geringeren Abstufungen zwischen den Prüfgliedern.

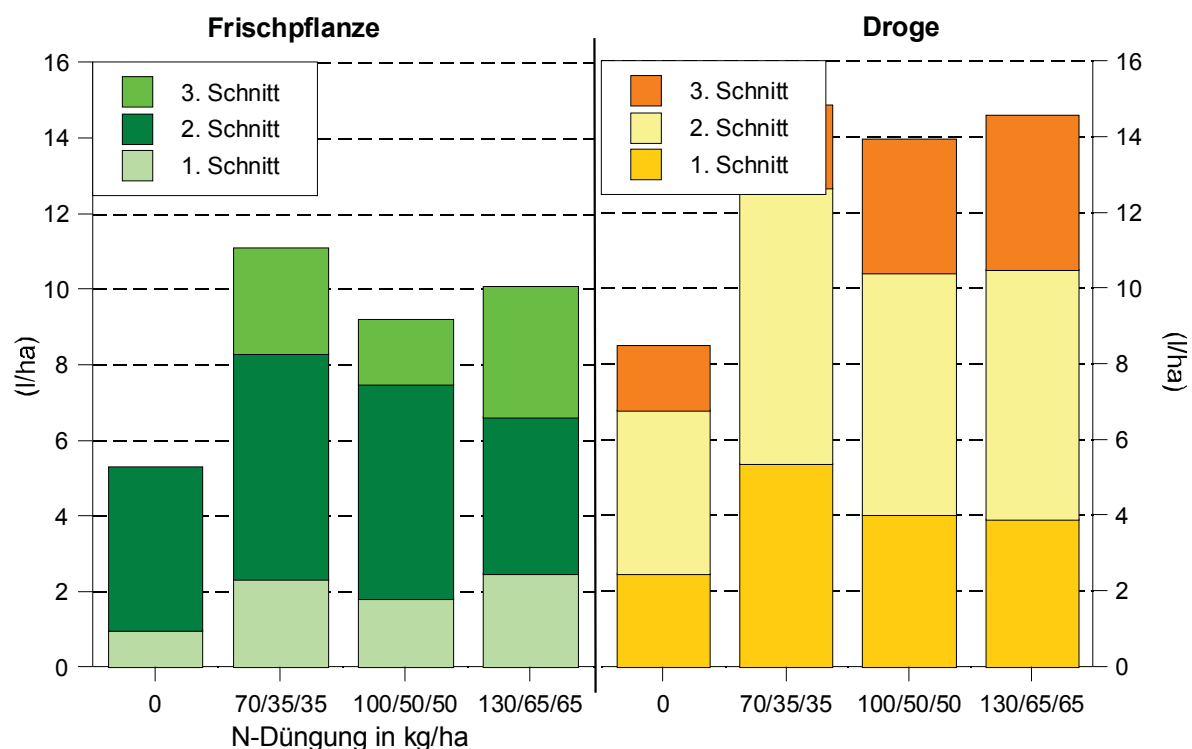


Abbildung 18: Einfluss der N-Düngung auf den Ertrag an ätherischem Öl in frisch und getrocknet extrahierter Melisse, Sorte 'Citronella', VS Dornburg 2012

Die Ölerträge schwankten bei der Frischverarbeitung in der Summe der Schnitte zwischen 5,4 l/ha und 8,2 l/ha in 2011 bzw. 9,2 l/ha und 11,1 l/ha in 2012. Bei der Extraktion getrockneter Ware variierten sie in 2011 von 5,9 l/ha bis 12,9 l/ha bzw. 8,5 l/ha und 14,8 l/ha im Folgejahr (Tab. 25 und 26). Da die Erträge der Melisse in 2012 niedriger waren als im Vorjahr, ist der Anstieg der berechneten Ölerträge auf die höheren Gehalte an ätherischem Öl, insbesondere beim zweiten und dritten Schnitt, zurückzuführen.

Tabelle 25: Einfluss der N-Düngung auf Ertrag an ätherischem Öl (l/ha) von Melisse im 1. und 2. Erntejahr, Sorte 'Citronella', Extraktion von frischem Erntegut, VS Dornburg 2011 und 2012

PG	2011				2012			
	1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt	Gesamt	1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt	Gesamt
1	2,07	2,54	0,76	5,36	0,97	4,32	n. b.	-
2	2,76	5,05	0,43	8,24	2,31	6,00	2,78	11,09
3	2,54	2,51	0,75	5,80	1,80	5,69	1,71	9,20
4	2,76	3,35	0,95	7,06	2,48	4,12	3,48	10,08

Tabelle 26: Einfluss der N-Düngung auf Ertrag an ätherischem Öl (l/ha) von Melisse im 1. und 2. Erntejahr, Sorte 'Citronella', Extraktion von getrocknetem Erntegut, VS Dornburg 2011 und 2012

PG	2011				2012			
	1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt	Gesamt	1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt	Gesamt
1	2,07	2,69	1,14	5,90	2,46	4,30	1,73	8,49
2	2,30	7,41	3,23	12,94	5,35	7,31	2,19	14,85
3	2,54	5,03	2,74	10,30	4,01	6,38	3,55	13,94
4	1,65	5,59	3,48	10,72	3,89	6,61	4,06	14,56

Insgesamt erreicht die Melisse wegen ihrer genetisch bedingt niedrigen Gehalte an ätherischem Öl nur ca. 10 % der Ölerträge je Flächeneinheit im Vergleich zu Pfefferminze.

Die Zusammensetzung der ätherischen Öle der Melisse unterlag bei den verschiedenen Schnitten in beiden Versuchsjahren sehr großen Schwankungen. Die Düngungsstufen hatten

auf die Komponenten des ätherischen Öls keinen erkennbaren Einfluss (Tab. 27), hier sind eher witterungsbedingte Unterschiede zu vermuten.

Tabelle 27: Einfluss der N-Düngung und der Extraktionsmethode auf die Zusammensetzung des ätherischen Öls (Hauptbestandteile in %) bei Melisse im 1. Erntejahr, Sorte ‚Citronella‘, VS Dornburg 2011

PG	Schnitt	Extraktionsmethode	Trans-Caryophyllen	Citral (Geranial + Neral)	Citronellal
1	1	frisch	60,9	24,6	8,0
		trocken	52,2	34,9	6,7
	2	frisch	10,3	80,7	4,3
		trocken	12,4	80,5	3,4
	3	frisch	8,6	71,4	16,3
		trocken	8,5	70,7	17,5
2	1	frisch	-	-	-
		trocken	57,1	28,4	8,4
	2	frisch	17,8	73,0	3,9
		trocken	18,1	76,8	2,9
	3	frisch	9,9	69,6	17,2
		trocken	7,9	69,8	19,2
3	1	frisch	66,0	20,7	7,1
		trocken	56,7	29,8	7,8
	2	frisch	17,3	74,2	3,6
		trocken	15,6	76,8	3,4
	3	frisch	8,8	69,0	19,3
		trocken	8,2	70,5	18,0
4	1	frisch	64,9	20,5	7,0
		trocken	53,3	32,3	8,7
	2	frisch	20,7	71,1	3,3
		trocken	16,1	76,8	3,2
	3	frisch	11,6	66,1	18,8
		trocken	7,8	70,6	18,7

In 2012 bestätigten sich diese Ergebnisse. Wie bereits im Vorjahr bestanden gravierende Unterschiede in den Gehalten an Trans-Caryophyllen und Citral zwischen dem ersten und den beiden folgenden Schnitten (Tab. 28).

Tabelle 28: Einfluss der N-Düngung und der Extraktionsmethode auf die Zusammensetzung des ätherischen Öls (Hauptbestandteile in %) bei Melisse im 2. Erntejahr, Sorte ‚Citronella‘, VS Dornburg 2012

PG	Schnitt	Extraktionsmethode	Trans-Caryophyllen	Citral (Geranial + Neral)	Citronellal
1	1	frisch	48,5	46,2	2,8
		trocken	50,3	39,9	8,8
	2	frisch	4,0	85,1	6,5
		trocken	4,4	85,8	5,9
	3	frisch	-	-	-
		trocken	4,1	75,9	16,8
2	1	frisch	58,3	32,3	7,2
		trocken	44,2	44,8	10,1
	2	frisch	5,8	82,9	4,1
		trocken	5,8	82,7	4,9
	3	frisch	3,5	76,7	15,4
		trocken	3,7	77,1	16,8
3	1	frisch	54,8	35,6	7,6
		trocken	47,7	41,1	10,4
	2	frisch	4,6	83,7	5,3
		trocken	5,5	83,6	4,3
	3	frisch	4,1	76,4	14,4
		trocken	4,5	76,4	15,8
4	1	frisch	61,4	29,2	7,4
		trocken	44,3	44,7	10,1
	2	frisch	5,8	82,4	3,4
		trocken	6,1	83,4	3,7
	3	frisch	4,2	75,4	16,1
		trocken	4,6	75,3	16,6

3.2.3 Rosmarinsäure

Melisse gilt als wichtiger Rohstoff zur Gewinnung pflanzlicher Rosmarinsäure. Im beschriebenen Versuch wurde der Gehalt an Rosmarinsäure im getrockneten Blatt sowie den Extraktionsrückständen nach der Verarbeitung frischer und getrockneter Ware analysiert.

Bei Betrachtung der Werte des Jahres 2011 fallen zum einen die generell im Vergleich zur Pfefferminze sehr hohen Werte auf, zum anderen ist erkennbar, dass die vorherige Gewinnung des ätherischen Öls aus der Frischware keinen Einfluss auf den Gehalt an Rosmarinsäure hatte. Die Werte liegen auf dem gleichen Niveau wie im getrockneten Blatt. Bei der Analyse des Extraktionsrückstandes nach der Verarbeitung getrockneter Ware sanken die Rosmarinsäuregehalte dagegen um etwa die Hälfte ab (Tab. 29).

Tabelle 29: Einfluss der N-Düngung auf den Gehalt an Rosmarinsäure in Melisse im 1. Erntejahr, Sorte ‚Citronella‘, Bestimmung im getrocknetem Blatt sowie in getrockneten Extraktionsrückständen bei frisch und trocken extrahiertem Material (Blatt), VS Dornburg 2011

PG	Getrocknetes Blatt (% TM)			Extraktionsrückstand, frisch extrahiert (% TM)			Extraktionsrückstand, trocken extrahiert (% TM)		
	1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt	1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt	1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt
1	6,41	5,03	5,74	6,58	6,39	5,74	3,84	3,64	2,93
2	6,10	4,79	5,54	6,40	5,14	5,25	3,59	3,14	2,73
3	5,76	3,77	5,79	5,60	4,55	5,34	3,32	2,23	2,59
4	5,45	3,22	6,01	5,40	4,57	5,26	3,76	2,54	3,39

Betrachtet man die einzelnen Düngungsstufen, so ist erkennbar, dass im getrockneten Blatt und im Extraktionsrückstand nach Frischverarbeitung in den ersten beiden Schnitten die Gehalte an Rosmarinsäure mit steigender Düngung abnehmen. Nicht ganz so deutlich ist dieser Trend im Verarbeitungsrückstand der Extraktion getrockneten Erntegutes. Beim dritten Schnitt lagen die Werte aller Düngungsstufen einer Vorbehandlung auf etwa dem gleichen Niveau (Abb. 19).

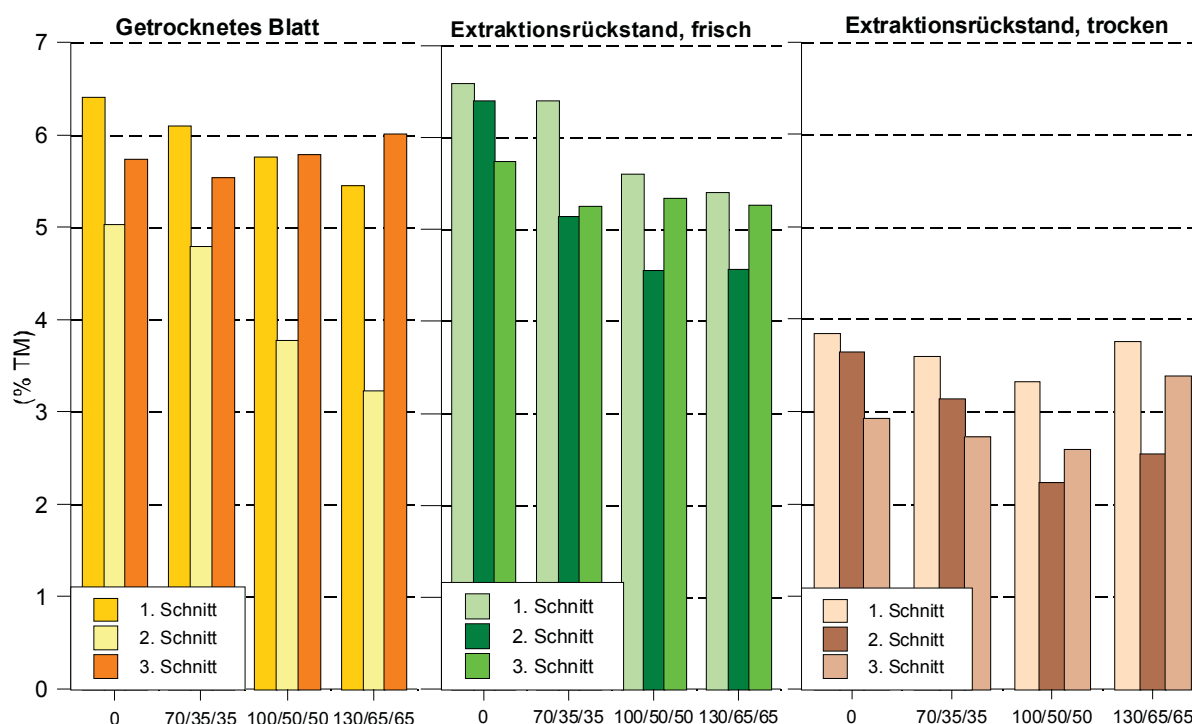


Abbildung 19: Einfluss der N-Düngung auf den Gehalt an Rosmarinsäure in Melisse, Sorte ‚Citronella‘, Bestimmung im getrocknetem Blatt sowie in getrockneten Extraktionsrückständen bei frisch und trocken extrahiertem Material, VS Dornburg 2011

Bei Berechnung der theoretischen Rosmarinerträge je Flächeneinheit erzielt, aufgrund des deutlich höheren Blattertrages, alle gedüngten Varianten höhere Werte als die ungedüngte Vergleichsvariante. Allerdings folgten die Rosmarinsäureerträge in ihrer Höhe nicht unbedingt der N-Düngungsstufe, hier waren die Unterschiede eher gering (Tab. 30, Abb. 20).

Tabelle 30: Einfluss der N-Düngung auf den Ertrag an Rosmarinsäure in Melisse im 1. Erntejahr, Sorte ‚Citronella‘, Bestimmung im getrocknetem Blatt sowie in getrockneten Extraktionsrückständen bei frisch und trocken extrahiertem Material (Blatt), VS Dornburg 2011

PG	Getrocknetes Blatt (kg/ha)				Extraktionsrückstand, frisch extrahiert (kg/ha)				Extraktionsrückstand, trocken extrahiert (kg/ha)			
	1. Schn.	2. Schn.	3. Schn.	Gesamt	1. Schn.	2. Schn.	3. Schn.	Gesamt	1. Schn.	2. Schn.	3. Schn.	Gesamt
1	160,9	57,3	41,9	260,1	165,2	72,8	41,9	279,9	96,4	41,5	21,4	159,3
2	163,5	110,6	75,3	349,5	171,5	118,7	71,4	361,7	96,2	72,5	37,1	205,9
3	171,6	85,2	92,1	348,9	166,9	102,8	84,9	354,6	98,9	50,4	41,2	190,5
4	176,6	75,7	112,4	364,6	175,0	107,4	98,4	380,7	121,8	59,7	63,4	244,9

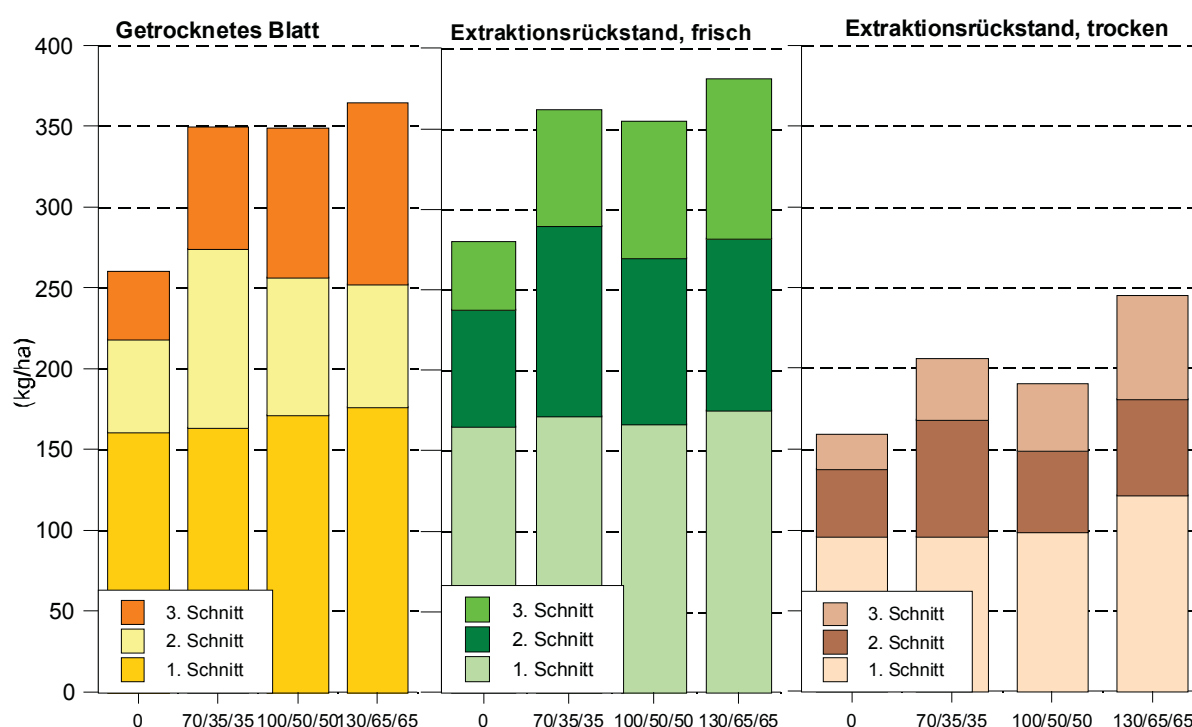


Abbildung 20: Einfluss der N-Düngung auf den Ertrag an Rosmarinsäure in Melisse, Sorte ‚Citronella‘, Bestimmung im getrocknetem Blatt sowie in getrockneten Extraktionsrückständen bei frisch und trocken extrahiertem Material, VS Dornburg 2011

In 2012 bestätigten sich die Ergebnisse weitgehend. Ähnlich wie bei der Pfefferminze lagen die Rosmarinsäuregehalte insgesamt auf etwas höherem Niveau und die Extraktionsrückstände der Frischware waren tendenziell höher als im getrockneten Blatt (Tab. 31 und Abb. 21).

Tabelle 31: Einfluss der N-Düngung auf den Gehalt an Rosmarinsäure in Melisse im 2. Erntejahr, Sorte ‚Citronella‘, Bestimmung im getrocknetem Blatt sowie in getrockneten Extraktionsrückständen bei frisch und trocken extrahiertem Material (Blatt), VS Dornburg 2012

PG	Getrocknetes Blatt (% TM)			Extraktionsrückstand, frisch extrahiert (% TM)			Extraktionsrückstand, trocken extrahiert (% TM)		
	1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt	1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt	1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt
1	6,66	7,24	6,22	7,32	7,53	-	4,38	4,93	3,65
2	6,64	6,97	6,65	6,19	7,81	6,08	4,13	4,27	4,54
3	5,82	6,01	6,51	6,12	6,90	6,46	3,81	3,99	3,50
4	5,66	6,03	6,52	6,38	6,60	6,42	3,82	3,68	3,55

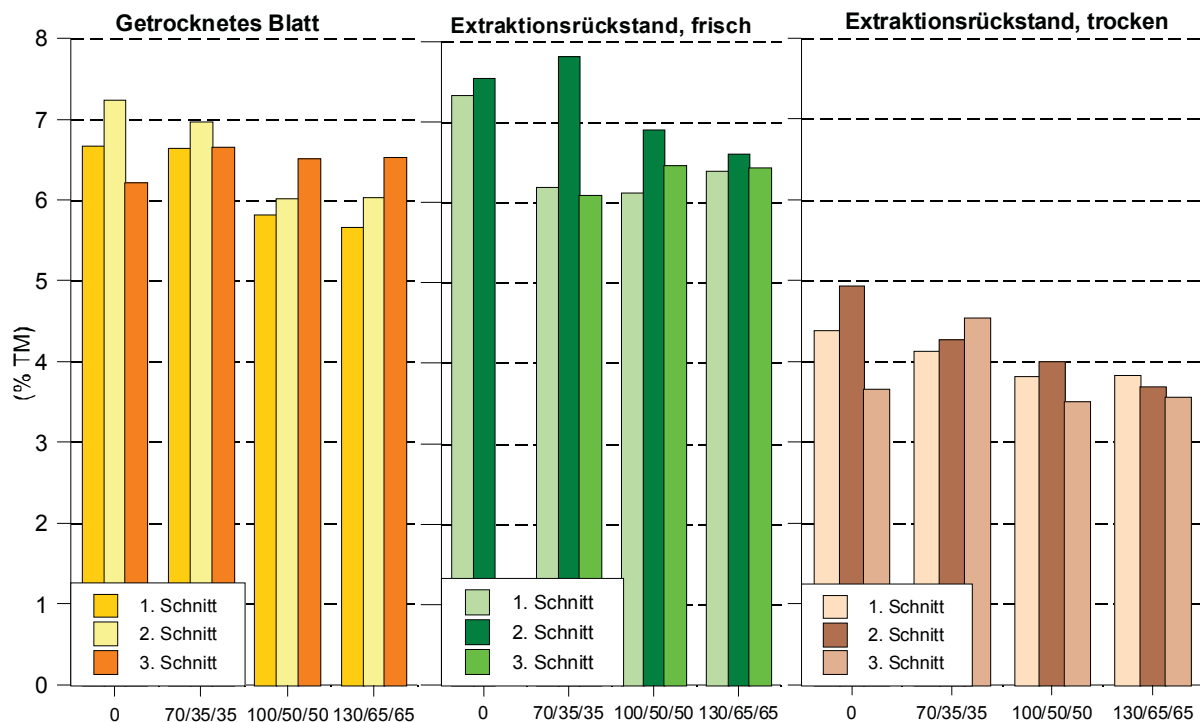


Abbildung 21: Einfluss der N-Düngung auf den Gehalt an Rosmarinsäure in Melisse, Sorte ‚Citronella‘, Bestimmung im getrocknetem Blatt sowie in getrockneten Extraktionsrückständen bei frisch und trocken extrahiertem Material, VS Dornburg 2012

Der in 2011 festgestellte „Verdünnungseffekt“ der Rosmarinsäure mit steigender N-Düngung trat 2012 weniger deutlich auf. Im Mittel aller drei Schnitte wies die ungedüngte Variante bei der Analyse der getrockneten Blätter einen Rosmarinsäuregehalt von 6,71 % auf, während die höchste Düngungsstufe nur 6,07 % erreichte. Im Extraktionsrückstand der Frischextraktion fiel der Gehalt von 7,43 % von Prüfglied 1 auf 6,47 % bei Prüfglied 4 und im Extraktionsrückstand der Verarbeitung getrockneter Ware ging der Rosmarinsäuregehalt von 4,32 % auf 3,68 % zurück.

Aufgrund der höheren Blatterträge und Rosmarinsäuregehalte überstiegen die berechneten Rosmarinsäureerträge 2012 das Vorjahresniveau. Dabei blieb die ungedüngte Variante wegen der niedrigen Erträge, trotz höherer Inhaltsstoffgehalte, deutlich hinter den gedüngten Prüfgliedern zurück. Die gedüngten Varianten unterschieden sich nicht gravierend voneinander (Tab. 32 und Abb. 22).

Tabelle 32: Einfluss der N-Düngung auf den Ertrag an Rosmarinsäure in Melisse im 2. Erntejahr, Sorte ‚Citronella‘, Bestimmung im getrocknetem Blatt sowie in getrockneten Extraktionsrückständen bei frisch und trocken extrahiertem Material (Blatt), VS Dornburg 2012

PG	Getrocknetes Blatt (kg/ha)				Extraktionsrückstand, frisch extrahiert (kg/ha)				Extraktionsrückstand, trocken extrahiert (kg/ha)			
	1. Schn.	2. Schn.	3. Schn.	Gesamt	1. Schn.	2. Schn.	3. Schn.	Gesamt	1. Schn.	2. Schn.	3. Schn.	Gesamt
1	141,2	81,8	28,6	251,6	155,2	85,1	-	-	92,9	55,7	16,8	165,4
2	212,5	131,0	76,5	420,0	198,1	146,8	69,9	414,8	132,2	80,3	52,2	264,6
3	172,9	121,4	84,6	378,9	181,8	139,4	84,0	405,1	113,2	80,6	45,5	239,3
4	170,4	133,9	88,0	392,3	192,0	146,5	86,7	425,2	115,0	81,7	47,9	244,6

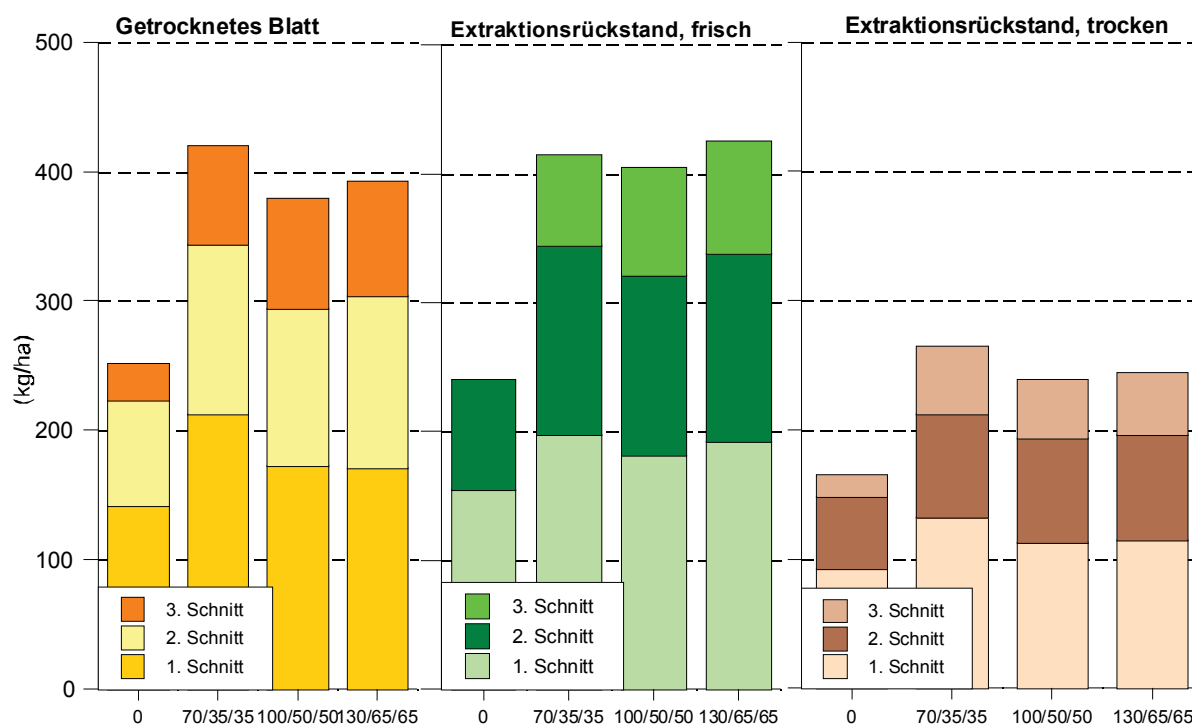


Abbildung 22: Einfluss der N-Düngung auf den Ertrag an Rosmarinsäure in Melisse, Sorte 'Citronella', Bestimmung im getrocknetem Blatt sowie in getrockneten Extraktionsrückständen bei frisch und trocken extrahiertem Material, VS Dornburg 2012

Die Ergebnisse belegen, dass die im Versuch geerntete Melisse den lt. Arzneibuch geforderten Gehalt von 1 % Rosmarinsäure in allen Varianten deutlich übertraf. Außerdem zeigte sich, dass die Gewinnung des ätherischen Öls aus der Frischware keinerlei Einfluss auf den Rosmarinsäuregehalt im Vergleich zum getrockneten Blatt ohne vorherige Verarbeitung hatte. Extrahiert man vor der Rosmarinsäurebestimmung das ätherische Öl aus der getrockneten Ware, übertreffen die verbleibenden Gehalte immer noch den Wert unbehandelter Pfefferminze. Eine Doppelnutzung von ätherischem Öl und Rosmarinsäure aus der Melisse scheint somit durchaus möglich zu sein.

3.2.4 N-Gehalt und N-Entzug

Auch die Melisse zählt zu den Pflanzen mit hohem Nährstoffbedarf. Bei Betrachtung der N-Gehalte in der Pflanze ist ersichtlich, dass diese beim ersten und zweiten Schnitt 2011 tendenziell mit steigender N-Düngung ansteigen, beim dritten Schnitt aber auf etwa dem gleichen Level liegen. Hier weist die ungedüngte Variante sogar den höchsten Wert auf. In 2012 wurden analoge Ergebnisse erzielt (Tab. 33).

Tabelle 33: Einfluss der N-Düngung auf den N-Gehalt (% TM) von Melisse im 1. und 2. Erntejahr, Sorte 'Citronella', VS Dornburg 2011 und 2012

PG	2011			2012		
	1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt	1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt
1	1,46	1,85	2,13	1,41	1,96	2,11
2	1,38	2,04	1,84	1,86	2,15	1,90
3	1,64	2,34	1,98	2,16	2,67	2,08
4	1,64	2,43	1,83	2,38	2,68	1,90

Durch die höheren N-Gehalte im Erntegut und die höheren Erträge mit steigender N-Düngung stiegen auch die N-Entzüge entsprechend an. Die Werte lagen dabei bei den gedüngten Varianten in beiden Jahren auf etwa dem gleichen Level (Tab. 34).

Tabelle 34: Einfluss der N-Düngung auf den N-Entzug (kg/ha) von Melisse im 1. und 2. Erntejahr, Sorte ‚Citronella‘, VS Dornburg 2011 und 2012

PG	2011				2012			
	1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt	Gesamt	1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt	Gesamt
1	59,4	29,3	20,1	108,8	42,1	28,3	11,2	81,6
2	63,5	68,8	43,4	175,7	90,6	61,3	25,3	177,2
3	82,5	83,9	49,4	215,8	99,4	82,7	31,6	213,7
4	91,3	90,2	58,0	239,5	113,5	89,8	32,8	236,1

Bei Betrachtung des vereinfachten N-Saldos zeigt sich, dass die Melisse den verabreichten Stickstoff bis zur dritten Düngungsstufe von 200 kg N/ha vollständig verbrauchte. Bei der höchsten Düngungsstufe blieb in beiden Jahren eine geringe Restnährstoffmenge zurück (Tab. 35).

Tabelle 35: Einfluss der N-Düngung auf das N-Saldo von Melisse im 1. und 2. Erntejahr, Sorte ‚Citronella‘, VS Dornburg 2011 und 2012

PG	N-Düngung (kg/ha)	N-Saldo (kg/ha)	
		2011	2012
1	0	-108,8	-81,6
2	140	-35,7	-37,2
3	200	-15,8	-13,7
4	260	20,5	23,9

Damit bestätigte sich der hohe Nährstoffbedarf der Melisse, der jedoch etwas unter dem von Pfefferminze zu liegen scheint. Eine N-Düngung von 170 bis 200 kg/ha unter Berücksichtigung des Ertragsniveaus des Standortes und der Jahreswitterung dürfte, auch in Hinblick auf die Qualität des Erntegutes, angemessen sein.

4 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Ziel der in der Versuchsstation Dornburg von 2010 bis 2012 durchgeführten Exaktversuche war es, festzustellen, ob und wie sich gestaffelte N-Düngergaben auf den Ertrag und vor allem auf die Gehalte an sekundären Pflanzeninhaltsstoffen von Pfefferminze und Melisse auswirken. Dazu kamen vier Prüfglieder zur Anlage. Neben einer ungedüngten Kontrolle wurden Gesamt-N-Gaben von 140 kg/ha, 200 kg/ha und 260 kg/ha unter Berücksichtigung der N_{\min} -Gehalte des Bodens (0 bis 60 cm) im Frühjahr verabreicht. Die Ausbringung erfolgte im Splitting-Verfahren, wobei die erste Gabe zu Vegetationsbeginn 50 % der Gesamtmenge ausmachte und jeweils nach dem ersten und zweiten Schnitt 25 % appliziert wurden. Dieses Düngungsregime kam ab dem zweiten Standjahr zur Anwendung, da aufgrund der ungünstigen Jahreswitterung in 2010 nur ein geringer Aufwuchs bei beiden Kulturen zu verzeichnen war.

Es zeigte sich, dass die **Pfefferminze** in starkem Maße auf die Höhe der N-Düngung reagierte. Die Krauterträge stiegen nahezu proportional zur verabreichten N-Menge an. Im ersten Erntejahr realisierte die höchste Düngungsstufe einen Mehrertrag von 47 %, im zweiten von 122 % im Vergleich zur ungedüngten Kontrolle. Allerdings waren die Unterschiede zwischen den Düngungsstufen nicht in jedem Fall statistisch gesichert, während alle Düngungsstufen signifikant über dem ungedüngten Prüfglied lagen. Da sich der qualitätsbestimmende Blattanteil durch die Erhöhung der N-Gabe nicht wesentlich veränderte, erhöhten sich die Blatterträge nahezu analog zum Gesamtertrag.

Die N-Düngung hatte keinen gesicherten Einfluss auf die Ausbeute und die Zusammensetzung des ätherischen Öls der Pfefferminze. Hier waren lediglich jahres- und witterungsbe-

dingte Einflüsse zu verzeichnen. So lagen die Ölgehalte in 2012 deutlich über dem Niveau des Vorjahres, was wahrscheinlich in den höheren Temperaturen und der intensiveren Sonneneinstrahlung während der Vegetationszeit begründet ist. Bei der Extraktion frischer und getrockneter Pfefferminze wurden ähnliche Gehalte an ätherischem Öl bestimmt. Durch den fehlenden Einfluss der Düngung folgten die berechneten Erträge an ätherischem Öl weitgehend dem Ertrag, so dass auch hier die höchsten Düngungsstufen den höchsten Ölertrag erzielten. In diesem Merkmal waren die Unterschiede zwischen der Kontrolle und den gedüngten Varianten ebenfalls signifikant, die Differenzen zwischen den Düngungsstufen jedoch überwiegend nicht statistisch gesichert.

Weiterhin wurde im Erntegut der Gehalt an Rosmarinsäure untersucht. Rosmarinsäure ist ein wertvolles pflanzliches Antioxidans, das in Lippenblütlern in höheren Anteilen vorkommt. Dabei ist vor allem die Melisse als Rohstoff dieses Inhaltsstoffs bekannt. Im Versuch erfolgte die Bestimmung zum einen im getrockneten Blatt und zum anderen in den Blättern der Extraktionsrückstände nach Verarbeitung frischer und getrockneter Pfefferminze. Es zeigte sich, dass die Pfefferminze im getrockneten Blatt zwischen 2 und 4 % Rosmarinsäure enthält. Ähnliche bzw. sogar höhere Gehalte wurden im Extraktionsrückstand der Frischextraktion analysiert. Die Rückstände der Extraktion getrockneter Waren lagen mit 1 bis 2,5 % deutlich darunter. Auch bei der Rosmarinsäure war ein Jahreseinfluss festzustellen, der sich in höheren Gehalten 2012 widerspiegelte. In Bezug auf den Gehalt an Rosmarinsäure hatte die N-Düngung einen negativen Einfluss, der sich in sinkenden Gehalten bei steigender N-Düngung äußerte. Im Durchschnitt fiel der Rosmarinsäuregehalt der höchsten Düngungsstufe um ca. 1 % im Vergleich zur Kontrolle ab. Aus der Multiplikation der Blatterträge und Rosmarinsäuregehalte resultierten trotzdem beim ungedüngten Prüfglied deutlich niedrigere Rosmarinsäureerträge als bei den gedüngten Varianten. Innerhalb dieser hoben sich jedoch die steigenden Blatterträge und sinkenden Inhaltsstoffgehalte weitgehend auf, so dass letztlich alle Prüfglieder bezüglich des Rosmarinsäureertrages auf einem Niveau lagen. Die Ergebnisse lassen die Schlussfolgerung zu, dass eine Doppelnutzung der Pfefferminze zur Gewinnung ätherischen Öls und Rosmarinsäure vorstellbar wäre, wenn die Extraktionsrückstände frisch verarbeiteten Erntegutes zum Einsatz kommen.

Die N-Gehalte im Erntegut stiegen mit steigender N-Düngung ebenfalls an, so dass die Pfefferminze der höchsten Düngungsstufe auch den meisten Stickstoff enthielt. Der Vergleich der Entzüge mit der verabreichten Düngung zeigte in 2011 nur bei der niedrigsten Düngungsstufe ein negatives Saldo. Bei allen anderen Prüfgliedern blieben rein rechnerisch teilweise erhebliche Überschüsse. Dies ist der Tatsache geschuldet, dass nach der dem zweiten Schnitt zwar noch ein gewisser Aufwuchs erfolgte, der aber aufgrund der Jahreswitterung die Erntereife nicht mehr erreichte. Das „überschüssige“ N war also wahrscheinlich in der Pflanze gebunden. In 2012 lagen die N-Salden aller Prüfglieder im negativen Bereich. Damit bestätigen die Ergebnisse den hohen Nährstoffbedarf der Pfefferminze, die in Abhängigkeit von Ertragsniveau, Jahreswitterung und N-Versorgung des Bodens 200 bis 250 kg N/ha benötigt.

Bei der **Melisse** war ebenfalls ein signifikanter Einfluss der Düngung auf Wuchshöhe und Ertrag nachweisbar. Dabei lagen wiederum alle gedüngten Prüfglieder über der Kontrolle ohne sich untereinander signifikant zu unterscheiden, wobei sich der Krautertrag mit steigender N-Düngergabe tendenziell erhöhte. So erreichte die niedrigste Düngungsstufe in 2011 einen Mehrertrag von 52 % und 2012 von 82 % im Vergleich zur ungedüngten Variante. Bei der höchsten Düngergabe waren es 85 % in 2011 und 98 % in 2012. Allerdings wie-

sen die gedüngten Prüfglieder einen um ca. 5 % niedrigeren Blattanteil auf als die Kontrolle, wodurch die Unterschiede im Blattertrag etwas weniger deutlich waren als im Krautertrag. Trotzdem lagen alle gedüngten Varianten bezüglich dieses Merkmals signifikant über der ungedüngten.

Die Bestimmung der Ausbeuten an ätherischem Öl erfolgte, wegen der genetisch bedingten niedrigen Gehalte der Melisse, prüfgliedweise aus frischem und getrockneten Erntegut. Dabei wurden bei der Extraktion der Droge durchgehend höhere Werte erzielt als bei der Verarbeitung frischer Ware. Insgesamt schwankten die Ausbeuten sehr stark von Schnitt zu Schnitt und auch zwischen den Jahren, so dass witterungs- und jahresbedingte Unterschiede zu vermuten sind. Diese Schwankungen setzten sich auch in der Zusammensetzung des ätherischen Öls fort, ohne dass ein Einfluss der Düngung erkennbar war. Beim Vergleich der Gehalte an ätherischem Öl in den einzelnen Prüfgliedern war insbesondere bei der Frischextraktion ein Rückgang der Ölausbeuten mit steigender N-Düngung zu verzeichnen. Dieser Trend war tendenziell auch bei der Extraktion der Droge erkennbar. Es trat also mit zunehmender Düngergabe ein gewisser „Verdünnungseffekt“ ein. Durch die geringeren Ölgehalte der höheren N-Düngungsvarianten erreichte Prüfglied 2, also die Variante mit der niedrigsten Düngung, in beiden Jahren den höchsten Ölertrag bei Frisch- und Trockenextraktion, gefolgt von den Prüfgliedern 4 und 3. Die Ölerträge der Kontrolle ohne N-Düngung lagen insbesondere 2012 deutlich darunter.

Melisse gilt als wichtiger Rohstoff zur Gewinnung pflanzlicher Rosmarinsäure. Im Versuch wurde, analog zur Pfefferminze, der Gehalt an Rosmarinsäure im getrockneten Blatt ohne vorherige Verarbeitung sowie in den Blättern des Extraktionsrückstandes nach Verarbeitung frischer und getrockneter Ware untersucht. Insgesamt enthielt die Melisse in 2012 mehr Rosmarinsäure als 2011, was witterungsbedingte Ursachen haben dürfte. So waren im getrockneten Blatt 2011 zwischen 3,2 % und 6,4 %, 2012 zwischen 5,7 % und 7,2 % Rosmarinsäure enthalten. Die Werte im Extraktionsrückstand nach Frischverarbeitung lagen die Werte auf dem gleichen Niveau bzw. sogar leicht darüber, die nach Verarbeitung der Droge fielen dagegen um 30 bis 50 % ab. Auch bezüglich der Rosmarinsäure reagierte die Melisse negativ auf die Erhöhung der N-Düngung. Im Mittel der Schnitte und Jahre fiel der Gehalt bei allen Vorbehandlungen um ca. 1 % von der ungedüngten Kontrolle zur höchsten Düngungsstufe ab. Hinsichtlich des berechneten Rosmarinsäureertrages erreichten alle Düngungsstufen, aufgrund der höheren Blatterträge, 20 bis 70 % höhere Werte als die ungedüngte Kontrolle. Zwischen den Düngungsstufen waren die Unterschiede eher gering, da sich der steigende Blattertrag und die sinkenden Inhaltsstoffgehalte nahezu aufhoben. Insgesamt ist einzuschätzen, dass die Melisse ein lohnender pflanzlicher Rohstoff zur Gewinnung von Rosmarinsäure ist, der im Versuch die lt. Arzneibuch geforderten Mindestgehalte von 1 % deutlich übertraf. Dabei scheint auch hier eine Doppelnutzung des ätherischen Öls und der Rosmarinsäure möglich. Trotz der geringeren Gehalte in den Rückständen der Trockenextraktion im Vergleich zur Frischverarbeitung bzw. zur unbehandelten Droge lagen die Werte hier noch über dem Niveau unbehandelter Pfefferminze.

In Bezug auf die N-Gehalte im Erntegut war festzustellen, dass die Werte mit steigender N-Düngung bei den ersten beiden Schnitten in jedem Jahr tendenziell anstiegen, die Düngungsstufen sich beim dritten Schnitt jedoch auf einem Level befanden, das sich unter dem der Kontrolle befand. Durch die höheren Erträge und N-Gehalte im Erntegut stiegen auch die N-Entzüge mit der Erhöhung der N-Düngung. Die Entzugswerte der Düngungsstufen lagen in beiden Jahren auf dem gleichen Niveau. Der Vergleich der N-Düngermengen und der Ent-

züge zeigt, dass die Melisse bis zu einer Düngung von 200 kg N/ha den verabreichten Stickstoff vollständig aufbrauchte. Lediglich bei der höchsten Dungsstufe von 260 kg N/ha blieb ein geringer berschuss von etwa 20 kg. Damit bestätigt sich der hohe Nährstoffbedarf der Melisse, der jedoch etwas unter dem der Pfefferminze zu liegen scheint. Da eine zu hohe N-Düngung negative Auswirkungen auf die Qualität des Erntegutes haben kann, dürfte eine N-Düngung von 150 bis 200 kg/ha unter Berücksichtigung des Ertragsniveaus und der Jahreswitterung angemessen sein.

Aufgrund der Ergebnisse und des regen Interesses aus der Praxis werden die Untersuchungen bei Melisse weitergeführt, wobei hier zukünftig auch stabilisierte N-Dünger und Mehrnährstoffdünger in die Untersuchungen einbezogen werden sollen.